R

Phys. g. 522 m

Untersuchungen

der

Natur und Kunst.

Herausgegeben

von

Johann Heinrich Winklern,

Professorn der Physik zu Leipzig, und des großen Fürstencollegii Collegiaten, und der Königl. Großbritannischen Societät der Wissenschaften Mitgliede.

J. W. Ritter.

Leipzig,

bey Johann Gottlob Rothen, Buchhändlern in Kopenhagen, 1765.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorrede.

Die Kenntniß der Kraft der Trägheit und der Elasticität der Luft verbreitet sich durch die ganze Physic, die mit den Untersuchungen der Natur und Kunst beschäftiget ist. Die Kraft der Trägheit

 befin-

befindet sich in allen körperlichen Dingen, aus welchen die sichtbare Welt bestehet. Sobald ein Körper zu seyn anfängt, so ist er mit dieser Kraft begabt. Und so lange er dauret, so behält er dieselbe. Und man kann in der körperlichen Welt keine andere Kraft entdecken, von welcher die Kraft der Trägheit ihren Ursprung haben sollte. Die Kraft der Schwere erstreckt sich zwar durch das ganze Weltgebäude. Man kann aber nicht sagen, daß sie den Körpern eigenthümlich und wesentlich sey. Die Schwere eines Körpers entstehet allemal von einer äußerlichen Ursache. Die Elasticität, mit welcher ein

Körper bemühet ist, sich aus dem Raume, in welchen er durch eine äußerliche Gewalt gebracht worden ist, in einen weitern auszubreiten, kann beynahe, gleich der Schwere, für eine allgemeine Kraft der Körper angesehen werden. Ist gleich dieselbe in gewissen Materien, z. E. im Wasser, unmerklich: so läßet sich doch daraus nicht mit Gewißheit schließen, daß dergleichen Materien, als das Wasser, gänzlich unelastisch sind. So allgemein aber die Elasticität ist: so gehöret sie doch nicht zu dem Wesen eines Körpers. Man hat daher viele Mühe angewendet, die Materie ausfün-

 dig

dig zu machen, durch deren Wirkung und Bewegung die elastischen Körper der Zusammendrückung widerstehen. Hingegen die Kraft der Trägheit, womit ein ieglicher Körper der Wirkung widerstehet, wodurch ein anderer ihn entweder aus der Ruhe in die Bewegung, oder aus der Bewegung in die Ruhe zu bringen suchet, lässet sich durch keinen Druck und aus keiner Bewegung einer körperlichen Sache erklären. Man mag demnach in der Physic einen Körper betrachten, welchen man will: so hat man in der Untersuchung seiner Wirkungen und Veränderungen al-

lemal auf seine Kraft der Träg-
heit zu sehen.

Was nun durch die Untersu-
chungen geübter und scharfsinni-
ger Naturforscher von dieser ur-
sprünglichen und beständigen
Kraft aller Körper entdeckt wor-
den ist, das habe ich in gegen-
wärtiger Schrift vorgetragen
und erkläret. Hierauf habe ich
die Elasticität der Luft in Be-
trachtung gezogen, und von ih-
ren merkwürdigen Eigenschaften
und Wirkungen, die vornemlich

im vorigen und ietzigen Jahrhunderte durch Versuche sind erforschet worden, eine ausführliche Abhandlung gemacht. Die Elasticität der Luft gehöret gleichfalls zu den Kräften, deren Kenntniß in der Untersuchung der Natur und Kunst allenthalben nöthig ist. Auf dem Erdboden ist kein Körper, in welchem nicht Luft enthalten seyn sollte. Ihre elastische Kraft zeiget sich in flüßigen und festen Materien, in Thieren, Pflanzen und Mineralien. Der ganze Erdboden ist durch und durch mit Luft erfüllt,

füllt, und rings umher mit Luft umgeben, die sich über demselben durch eine Höhe erstreckt, deren Grenzen zur Zeit nicht haben können bestimmet werden. Und ob man gleich durch die Beobachtungen des Mondes, der Sonne und der Planeten keine Merkmale gefunden hat, aus welchen sich mit völliger Deutlichkeit abnehmen liesse, daß diese Körper mit einer Luft umgeben wären, dergleichen unsere Luft ist: so lässet sich doch ohne Kenntniß der Luft unserer Erde die Frage

nicht beantworten, ob diese große Weltkörper ein flüßiges und elastisches Wesen um sich haben, welches durch aufsteigende Dünste verdichtet werden könne. Da die Wahrnehmungen des Zodical-Lichts deutlich zu erkennen geben, daß die Sonne eine Atmosphäre um sich habe; und daß aus derselben zuweilen eine Menge Dünste in unsere Erdluft herab steige: so siehet man zur Gnüge, wie nöthig und nützlich die Kenntniß unserer Erdluft sey, wenn man zeigen soll, was durch die Ver-

mischung der Dünste der Erde und Sonne für Wirkungen entstehen mögen.

Mit diesen zwo Abhandlungen habe ich den Anfang zu einer Schrift gemacht, die ich künftig fortzusetzen gedenke, und ihr den Titel: **Untersuchungen der Natur und Kunst;** gegeben. Dieser Titel erlaubet mir in der Wahl der künftigen Abhandlungen eine völlige Freyheit, und setzet mich in den Stand, daß ich die merkwürdigsten Materien und die besten

Entdeckungen in der Natur und Kunst, die man dem Nachdenken und Fleiße, und den Beobachtungen und Versuchen der Kenner der Physic zu danken hat, aus ihren Schriften aussuchen, und die Fortsetzung mit ieglichem Bande beschließen kann.

I.

Von der ursprünglichen und beständigen Kraft aller Körper;

oder von der Kraft der Trägheit.

Das erste Hauptstück.

Was die Kraft der Trägheit sey.

§. 1.

Die Erklärung und Wirklichkeit dieser Kraft.

Ein Körper mag in Ruhe, oder in Bewegung seyn: so widerstehet er allemal der Wirkung, wodurch ein anderer entweder ihn aus der Ruhe zu bringen, oder seine Bewegung zu hemmen sucht; und bemühet sich also, in seinem Zustande zu bleiben, in sofern derselbe die Ruhe und Bewegung betrifft, die ihm ein anderer nehmen will. Diese Kraft, welche die Kraft der Trägheit genennet wird a) äußert sich zu ieder Zeit in allen festen Körpern,

a) Newton in seinen Principiis Mathematicis Philosophiae Naturalis, in der 3 Definition.

und in allen flüßigen Materien, so oft ein Körper durch einen Druck oder Stoß in sie wirkt, und dadurch entweder ihre Ruhe, oder ihre Bewegung zu ändern sich bestrebt; und ist von ihrem Ursprunge an in ihnen, und dauret in ihnen unaufhörlich, oder so lange sie bleiben.

§. 2.

Sie kann nach allen Gegenden wirken.

Durch die Kraft der Trägheit kann ein Körper nach allen Linien wirken, die sich aus ihm rings umher nach unendlich vielen Puncten ziehen lassen. Denn man mag einen Körper in einem Puncte drücken oder stoßen, in welchem man will: so widerstehet er und wirket zurück. Wirkt man zu gleicher Zeit in verschiedne Puncte eines Körpers: so äußert er seine Gegenwirkung in allen diesen Puncten zu gleicher Zeit.

§. 3.

Ob Ruhe und Bewegung durch die Kraft der Trägheit fortdauren.

Wenn ein ruhender Körper in seiner Ruhe und ein bewegter in seiner Bewegung beharret: so fragt es sich, ob solches durch die alleinige Kraft der Trägheit geschehe? Mit Gewißheit lässet es sich nicht sagen. Denn man weis nur so viel, daß ein Körper durch diese Kraft der Wirkung widerstehet, wodurch ein anderer ihn entweder aus der Ruhe in die Bewegung, oder

aus

aus der Bewegung in die Ruhe zu bringen sucht. Was aber die Kraft der Trägheit thun mag, ehe sie der Wirkung eines andern Körpers widerstehet, das ist unbekannt. Der ehmalige Professor der Mathematic in Leipzig, Herr Christian August Hausen hat sich 1741 in seiner ersten Einladungsschrift, de Reactione, folgendergestalt erkläret: Die Reaction, sagt er, gehet in allen Körpern auf die Erhaltung ihres Zustandes, er mag nun entweder in der Bewegung oder in der Ruhe bestehen. Will man sich aber keinen falschen Begriff davon machen: so muß man bedenken, daß die ursprüngliche Kraft (vis insita) nicht anders, als durch den Widerstand wirkt. Man könnte sie also gar füglich einen leidenden Widerstand nennen. Einem ruhenden Körper, in sofern er ruhet, und einem bewegten, in sofern er bewegt wird, kann man also keine Reaction, oder Wirkung der ursprünglichen Kraft, zueignen. Einem ruhenden kömmt sie nur zu, in sofern er zur Bewegung angetrieben wird: einem bewegten aber, in sofern er eine neue und von der vorigen Bewegung unterschiedne annehmen soll. In beyden wirkt die ursprüngliche Kraft, in sofern ihr Zustand wirklich anfängt verändert zu werden. Durch die Erhaltung der Ruhe und Bewegung, welche man der Reaction, oder der Wirkung der ursprünglichen Kraft, beyzulegen pflegt, hat man nichts anders zu verstehen, als die Bestrebung, daß kein neuer Zu-

stand entstehen möge. Ein leidender Widerstand lässet sich nicht gedenken, ohne auf eine Sache zu sehen, die eine Veränderung zu machen suchet. Wenn man also sagt, daß die Körper durch ihre ursprüngliche Kraft und derselben Wirkung in ihrem Zustande beharren: so muß man solches nicht also verstehen, als ob ein ruhender Körper in der Zeit, da nichts in ihn wirkt und eine Veränderung in seinem Zustande zu machen sucht, eine Kraft nöthig hätte, wodurch er weiter fortruhen könnte; und ein bewegter Körper zur Fortsetzung seiner Bewegung eine Kraft brauchte. Man siehet nicht, was eine solche Kraft thun sollte. Denn weder in einem ruhenden dürfte sie eine Ruhe, noch in einem bewegten eine Bewegung hervorbringen: da jener bereits in Ruhe ist, und dieser seine Bewegung hat. Aber sagen, ein Ding suche seinen Zustand zu erhalten, wenn nichts ist, was ihn zu verändern sucht, das lässet sich nicht denken. Man müßte denn durch diese Erhaltung eine fortwährende Schöpfung verstehen, da ein Ding alle Augenblicke von neuem hervorgebracht würde. Aber so denken, das wäre eben so viel, als wenn man den Geschöpfen alle Wirklichkeit und Wirkung absprechen wollte. Das hieße, Gott und die körperliche Welt miteinander vermengen. Und sollte eine stetige Wiederhervorbringung der Sachen geschehen: so müßten sie in einem fort aufhören zu seyn, welches sich nicht begreifen läßt.

zu geschweigen, daß dasjenige, was aus der ursprünglichen Kraft durch ihre Reaction erfolgt, niemals in dem Körper, in welchem die ursprüngliche Kraft wirkt, kenntlich ist, sondern sich allezeit außer ihm in einem andern Körper zeigt. Fragt mich iemand, was nun aber von der ursprünglichen Kraft übrig bleibe, wenn sie nicht thätig ist, das ist, wenn sie keine Reaction gegen die Wirkung und Bestrebung eines Körpers äußert: so antworte ich, die Masse, oder die Menge der Materie, welche mit dieser Kraft gewirkt hat; und bitte mir die Erlaubniß aus, daß ich davon, was ich nicht weis, nichts sagen, sondern nur bey dem bleiben darf, was mir bekannt ist.

Das zweyte Hauptstück.

Der Unterscheid zwischen der Kraft der Trägheit und der Schwere.

§. 4.

Der Unterscheid in Betrachtung der Richtungen, wornach die Kraft der Trägheit wirken kann.

Die Kraft der Trägheit ist von der Schwere eines Körpers gänzlich unterschieden. Durch die Schwere werden alle Körper des Erdbodens gegen seinen Mittelpunct getrieben.

Die Schwere dieser Körper hat demnach immer einerley Punct, gegen welchen sie wirkt. Den Hauptplaneten wird eine Schwere gegen die Sonne, und den Nebenplaneten wird eine Schwere gegen ihre Hauptplaneten zugeschrieben: weil jene eine beständige Bestrebung gegen die Sonne haben, und diese sich beständig ihren Hauptplaneten zu nähern suchen. Aber auch die Schwere dieser großen Weltkörper ist in ihrer Wirkung auf einen einzigen Punct gerichtet. Hingegen die Kraft der Trägheit hat in ihrer Wirkung keine bestimmte Richtung auf einen einzigen Punct. Man mag einen Körper aus einer Gegend, aus welcher man will, drücken oder stoßen: so widerstrebt er durch seine Kraft der Trägheit dem Drucke und Stoße. Die Kraft der Trägheit kann also ihre Richtung verändern. Und sie wirkt zu gleicher Zeit nicht nur nach verschiedenen Puncten, wenn ein Körper aus denselben zugleich gestoßen wird (§. 2); sondern auch nach entgegengesetzten Puncten, wenn zween Körper aus selbigen zugleich in einen Körper wirken.

§. 5.

Der Unterscheid in Vergleichung ihrer Stärke mit der Stärke der Last.

Außer den mannigfaltigen Richtungen, nach welchen die Kraft der Trägheit wirken kann, unterscheidet sich dieselbe durch die Stärke, womit

sie

sie die Stärke der Last ihres eignen Körpers übertrifft. Dieses zeigen folgende Versuche.

Erster Versuch.

Tab. I. Fig. 1.

In eine Pfoste AB sind zwo Säulen AC und BD eingesetzt, die sechs Schuh hoch sind, und einen Balken CD tragen, an welchem zwo Rollen E und F befestiget sind. Ueber diese Rollen ist ein Zwirnsfaden gezogen, an dessen Enden zwo ungleich wichtige Kugeln geknüpft sind. Die an das Ende G gebundene Kugel wiegt acht Loth, und liegt unter der Rolle E auf einem Arme IK, welcher an der Säule AC hervorraget; und die an das Ende H geknüpfte Kugel wiegt zwey Pfund und fünf und zwanzig und ein halb Loth, und wird mit einer Hand unter der Rolle F gehalten. Das Stück des Fadens von der Rolle E bis an die Kugel G ist einen Schuh lang. Hingegen die Länge des Fadens von der Rolle F an gerechnet bis zur Kugel H hat in die fünf Schuhe. Auf der Pfoste AB unter der Rolle F stehet ein Gefäß mit Sande, in welchen die Kugel H fällt, wenn sie aus der Hand gelassen wird, und den Faden dehnet und zerreißet. Der Faden GH zerreißt bald an der Kugel G, bald an der Kugel H, bald zwischen diesen Oertern. Es mag aber der Faden reißen, wo er will, so bleibt die Kugel G auf dem Arme unbeweglich liegen.

Hieraus ist zu ersehen, daß die Kraft der Trägheit, womit die ruhende Kugel G der Kraft entgegen wirkt, mit welcher die Kugel H durch den Faden in sie wirkt, und sie in die Höhe zu heben sucht, größer ist, als die Kraft ihres Gewichts. Denn die Kugel G muß so stark in den Faden wirken, als die Kugel H, sonst würde der Faden nicht zerreißen. Ich habe einen gleich langen und gleich dicken Zwirnsfaden, als der zerrißne war, über die Rollen gezogen, und an das kurze und lange Ende gleich große Gewichte und Schalen gehenkt, und in die Schalen nach und nach kleinere Gewichte gelegt, die aber allemal gleichwichtig waren, bis der Faden durch die beyden Lasten zerrissen ward. Solches geschahe, da an ieglichem Ende drey und ein halb Pfund hiengen. Eben so stark müssen die beyden Kugeln G und H in den Faden gewirkt haben, da ich die Kugel H aus der Hand fallen ließ. Es hatte aber die Kugel G nur acht Loth am Gewichte. Solchergestalt muß das, was der Kraft des Gewichts gefehlt hat, durch die Kraft der Trägheit geschehen seyn. Die Kraft der Trägheit einer achtlöthigen Kugel übertrifft demnach wirklich die Kraft ihres Gewichts. Fällt die Kugel H nach einer Linie, daß der Faden, welcher mitten über den Rollen liegt, aus dieser Mitte seitwärts gerückt wird; so springt die Kugel G von dem Arme, worauf sie liegt, etwas in die Höhe. Ich habe daher

daher auf einen Versuch gedacht, welcher seltner mislingt.

Zweyter Versuch.

Tab. I. Fig. 2.

An den Balken CD habe ich eine Wage ohne Schalen, und an ihre beyden Aerme AF und BF zween gleichwichtige Körper E und G, die oben und unten mit Haken versehen sind, gehenkt, und an den Haken des Körpers E einen Zwirnsfaden fünf Schuh lang geknüpft, und an das andere Ende des Fadens die vorhingedachte Kugel H gebunden, und selbige mit der Hand nahe unter dem Haken des Körpers E gehalten. Unter dem Körper E stund das vorige Gefäß mit Sande. Ließ ich die Kugel fallen: so zerriß der Faden, ohne daß man an dem Züngelchen der Wage die geringste Bewegung spürte. Jeglicher Körper wog ein Pfund. Darauf hieng ich an ieglichen Arm ein halbes Pfund, und knüpfte an das halbe Pfund E einen Zwirnsfaden von der vorigen Länge und Stärke, und an das andere Ende des Fadens die Kugel H, und hielt sie mit der Hand unter dem Haken des halben Pfundes E. Ich ließ die Kugel H fallen. Der Faden zerriß abermal, ohne daß man an dem Züngelchen der Wage eine Bewegung merkte.

Dritter Versuch.

Tab. I. Fig. 3.

Hierauf habe ich den Versuch ohne Wage angestellet, und dazu von den vorigen Körpern, die mit zween Haaken versehen sind, anfangs den einpfündigen, und sodann den halbpfündigen genommen. An den einen Haaken des einpfündigen knüpfte ich einen ungezwirnten seidnen Faden, drey pariser Zoll lang, und hing diesen Faden an einen Nagel F am Balken CD. Hieng ich noch fünf Loth an diesen einpfündigen Körper: so zerriß der seidne Faden. Indem aber ein solcher seidner Faden den einpfündigen Körper E trug: so knüpfte ich an den andern Haaken dieses Körpers einen fünf Schuh langen Zwirnsfaden, dergleichen ich zu den vorigen Versuchen genommen hatte. An das andere Ende dieses Fadens knüpfte ich abermal die Kugel H, und hielt sie mit der Hand nahe unter dem untern Haaken des einpfündigen Körpers E. Ich ließ die Kugel fallen. Der Zwirnsfaden zerriß, und der seidne Faden blieb ganz. An diesen seidnen Faden hieng ich den einen Haaken des halbpfündigen Körpers E. An den untern Haaken band ich einen Zwirnsfaden von der vorigen Länge und Dicke, und an das andere Ende dieses Fadens die Kugel H. Der Zwirnsfaden zerriß, wie vorhin, da ich die unter dem Haaken gehaltene Kugel fallen ließ; und der seidne Faden blieb ganz. An statt des halb-

halbpfündigen Körpers nahm ich einen eisernen Ring fünftehalb Loth schwer, und band zween Fäden daran: einen seidnen von der vorigen Art und Länge und Dicke; und unten an dem entgegengesetzten Orte einen fünf Schuh langen Zwirnsfaden, welcher den vorigen zerrißnen Fäden an Stärke gleich war. Den seidnen Faden hieng ich an den Nagel, und an das andere Ende des Zwirnsfadens die Kugel H. Der Zwirnsfaden ward zerrissen, da er von der Kugel, die ich unter dem Ringe aus der Hand fallen ließ, gedehnet wurde. Aber der seidne Faden blieb mit dem Ringe hängen, obgleich der Zwirnsfaden mit solcher Gewalt zerriß, daß der obere Theil desselben, welcher am Ringe hängen blieb, gegen denselben in die Höhe schnellte. Hängt man den seidnen Faden, an welchen der Ring gebunden ist, an einen Finger, und hält mit der andern Hand die an den Zwirnsfaden geknüpfte Kugel H unter dem Ringe in der vorigen Höhe, und lässet sie fallen: so bleibt der seidne Faden ganz, und man fühlt im Finger beynahe nichts von der Wirkung der Kugel, welche durch ihren Ruck den Zwirnsfaden zerreißt. Alle diese Versuche zeigen klärlich, daß die Kraft der Trägheit nicht in der Schwere und in dem Gewichte der Körper bestehet.

Das dritte Hauptstück.

Der Unterscheid zwischen der Kraft der Trägheit und der Kraft des Zusammenhangs der Theile eines Körpers.

§. 6.

Die Begriffe beyder Kräfte zeigen ihre Verschiedenheit an.

Wenn ein Körper durch die Kraft der Trägheit wirkt: so wirken alle seine Theile zugleich gegen einen andern Körper, welcher ihnen allen zugleich entweder die Ruhe oder die Bewegung zu nehmen sucht. Durch die Kräfte des Zusammenhangs wirken die Theile eines Körpers, die einander berühren, einander entgegen. Wenn aber ein Theil dem andern entgegen wirkt: so ist es ganz etwas anders, als wenn alle Theile zugleich der Wirkung eines andern Körpers widerstreben. Die Kraft der Trägheit und die Kraft des Zusammenhanges sind demnach zwo unterschiedne Kräfte.

§. 7.

Der Widerstand aus beyden Kräften.

Wenn also ein Körper in einen Theil eines andern wirkt, und hiedurch diesen Theil von

den andern Theilen zu trennen sucht: so hat er einen doppelten Widerstand zu überwinden. Denn der abzusondernde Theil widerstehet sowohl durch die Kraft, wodurch er mit andern Theilen zusammen hängt, als auch durch die Kraft der Trägheit.

§. 8.

Der Unterscheid beyder Kräfte in flüßigen und unelastischen Materien.

In den flüßigen Materien, die keine Elasticität oder ausdehnende Kraft haben, ist der Unterscheid dieser beyden Arten des Widerstandes ungemein merklich; und giebet deutlich zu erkennen, daß die Kraft der Trägheit eine ganz andere Kraft sey, als die Kraft, womit die Theile einer flüßigen und unelastischen Materie unter einander zusammen hängen. Der Widerstand, welchen ein fester Körper zu überwinden hat, wenn er bemühet ist, die zusammenhangenden Theile einer solchen Materie von einander zu trennen, ist nicht nur sehr geringe, sondern auch immer einerley, der Körper mag nun schwach oder stark in sie wirken. Aber der Widerstand, welchen eben diese Theile durch ihre Kraft der Trägheit thun, wenn der feste Körper sich bestrebt, dieselben durch einen gewissen Raum fortzutreiben, ist weit größer, und wird immer stärker, ie stärker die Kraft ist, mit welcher sich der Körper bemühet, sie

aus ihrem Orte zu verjagen. Das Wasser im Meere und in den Flüssen, auf welchen Schiffe gehen, wirkt gegen den Stoß und Schlag der Ruder so stark zurück, daß es in dem Augenblicke, da es geschlagen wird, dem Ruder, als dem Hebel, wodurch das Schiff bewegt wird, zum Ruhepuncte dienet. Der Kraft, mit welcher die Theile zusammen hangen, kann man diesen Widerstand nicht zuschreiben. Die kleinste Bewegung eines Fingers kann die Wassertheile von einander trennen. Werden Kugeln aus Flinten und Kanonen unter sehr spitzigen Winkeln in das Wasser geschossen: so gehen sie bey einer gewissen Tiefe nicht bis auf den Grund, sondern ändern im Wasser ihre Richtungslinie, nach welcher sie in dasselbe geschossen worden, und fliegen auf der andern Seite nach einer Linie, die mit der vorigen einen spitzigen Winkel macht, aus dem Wasser in die Luft. Herr D. Krüger erzählet in seiner Naturlehre b), daß eine Kugel, welche er aus einer gezogenen Büchse gegen eine breite See geschossen habe, dreymal in die Höhe gesprungen sey. Das Wasser widerstehet also durch die Kraft der Trägheit der Gewalt geschoßner Kugeln eben so stark, als wenn es die Festigkeit eines Steins und Eisens hätte. Dieses wird noch deutlicher durch die Versuche bestätiget, welche Herr Carree in den Memoiren der königlichen Academie der Wissenschaften zu Paris

b) §. 81.

ris auf das Jahr 1705 erzählet. Bleykugeln, die ein guter Freund von ihm auf dem Lande auf sein Ansuchen in Wasserbehälter geschossen hat, sind im Wasser platt geworden. Anfangs ist dieses in dem Wasser eines steinernen Wasserbehälters (Tab. I. Fig. 4.) ABCD geschehen, welcher inwendig drey Schuh und drey Zoll lang, einen Schuh und acht Zoll breit, und einen Schuh und einen Zoll tief war. An die Seite BD war ein Bret befestiget, von welchem die geschoßnen Kugeln aufgefangen werden sollten; ein anderes EF aber in der Mitte; und auf dem Boden CD noch eines, welches ihn gänzlich bedeckte. Alle diese Breter waren recht fest angesetzt, damit sie von den Kugeln nicht sollten bewegt werden. Auf der Seite CA war ein dickes Papier GK senkrecht aufgerichtet. Die Büchse HN hatte acht Schuh weit von dem Behälter eine schiefe und feste Stellung. Der Schuß gieng durch das Papier in K, und die Kugel ward gegen M platt, wie ein Stück Geld von zehn Sols. Bey dem zweyten Schusse zersprang die Kugel in drey platte Stücke. Man konnte nicht erkennen, daß die Kugeln an das Bret EF angeschlagen wären. Es wurden noch zween Schüsse mit einer stärkern Ladung Pulver gethan: man fand aber weder am Boden, noch an den übrigen Bretern ein Zeichen angefahrner Kugeln. Die Kugeln hatten einen Durchmesser beynahe von vier Linien, und waren für

die Büchse gegossen, und paßten so genau in sie, daß man sie mit einem eisernen Ladestocke in den Lauf treiben mußte. In der Absicht, wegen des Plattwerdens noch größere Gewißheit zu haben, ward in einem Behälter, welcher sechs Schuh tief war, ein leinen Tuch zween Fuß tief im Wasser mit dem Horizonte parallel ausgespannt. Gegen dasselbe ward aus einer Flinte, deren Lauf drey Schuh, zehn Zoll und drey Linien lang war, eine Kugel von sieben Linien im Durchmesser mit einer Pulverladung von acht Denaren oder Deniers c) geschossen. Die Kugel ward bis auf die Hälfte platt. Eine Kugel von gleicher Größe, die mit einer Pulverladung von zwölf Denaren geschossen ward, verlohr gänzlich ihre Rundung. Durch eine Pulverladung von sechzehn Denaren zersprung eine dergleichen Kugel in verschiedene Stücke, davon ihrer fünfe auf dem Tuche, meistens so groß wie eine Linse, aber unterschiedlich gestaltet gefunden wurden. Eine Kugel ward senkrecht auf die Fläche des Wassers geschossen. Diese ward fast so rund und platt, wie ein Ortsthaler oder Achtgroschenstück, an statt, daß die übrigen Kugeln, welche schief auf die Wasserfläche geschossen wurden, ungleich platte Flächen bekamen.

Das

c) Ein Denier ist der 24ste Theil einer Unze.

Das vierte Hauptstück.

Von dem Widerstande und der Gegenwirkung der Kraft der Trägheit und der Größe und Stärke derselben.

§. 9.

Die Gegenwirkung der Kraft der Trägheit ist der Wirkung des wirkenden Körpers gleich.

Ein Körper wirkt in den andern, indem er sich bestrebt, seinen Zustand zu ändern. Bestehet derselbe in der Ruhe oder in der Bewegung: so widerstehet der ruhende oder bewegte Körper vermöge seiner Kraft der Trägheit, und wirkt durch dieselbe dem wirkenden entgegen. Ist ein wirkender nicht bemühet, in dem Zustande eines andern eine Veränderung zu machen: so kann man auch nicht sagen, daß er in ihn wirkt. Wirkt aber ein Körper in den andern, und sucht entweder seine Ruhe oder seine Bewegung zu ändern: so fängt der andere Körper durch seine Kraft der Trägheit sogleich an zu widerstehen (§. 1). Dergestalt kann weder in einen ruhenden, noch in einen bewegten Körper eine Wirkung gesche-

hen, es muß der ruhende oder bewegte Körper sogleich durch seine Kraft der Trägheit einen Widerstand und eine Gegenwirkung thun. Die Gegenwirkung, die ein ruhender und bewegter Körper durch seine Kraft der Trägheit thut, wodurch er in seinem Zustande zu bleiben sucht, ist demnach allemal so groß, als die Wirkung, wodurch ein Körper bemühet ist, ihn entweder in der Ruhe zu stöhren, oder seine Bewegung zu hemmen. Es kann zwischen den Wirkungen eines wirkenden und widerstehenden Körpers ein Unterscheid in der Größe seyn. Aber in sofern der wirkende A stärker wirkt, als der widerstehende B: so bestrebt sich A nicht, den Zustand des Körpers B zu ändern. In diesem Falle wirkt also A nicht in B. Der Widerstand eines Körpers B kann niemals größer seyn, als die Wirkung, welche der Körper A in den Körper B thut. Denn der Körper B widerstehet nur in so weit, als sein Zustand verändert werden soll. Geschiehet keine Wirkung, wodurch der Zustand des Körpers B verändert werden soll: so läßt sich kein Widerstand denken. Man bilde sich ein, der Widerstand oder die Gegenwirkung des Körpers B gegen den Körper A wäre größer, als die Wirkung des Körpers A. Diese Gegenwirkung ließe sich demnach in zwo Wirkungen C und D vertheilen, davon die eine C der Wirkung des Körpers A gleich wäre. Durch diese widerstünde also der Körper B dem Körper A. Aber was

für einen Widerstand soll die andere Wirkung D abgeben? Solchergestalt kann der Satz nicht geändert werden: Wirkung und Gegenwirkung sind einander gleich, und ein Körper wirkt durch seine Kraft der Trägheit einem wirkenden so stark entgegen, als dieser in ihn wirkt. Die oben (§. 5.) angeführten Versuche bestätigen die Wahrheit. Eine Erläuterung giebt noch folgendes Exempel. Ein Tabakspfeiffenstiel, (Tab I. Fig. 5.) welcher vermittelst eines um seine beyden Enden geschlungnen Fadens in horizontaler Lage an dem Arme einer Wage hängt, deren zweyter Arm ein gleich großes Gewichte trägt, lässet sich mit einem Liniale oder Stabe entzwey schlagen, ohne daß das Züngelchen der Wage im geringsten verrückt wird, indem der Schlag geschiehet. Das Züngelchen würde gewiß durch den Schlag auf das Pfeiffenrohr gegen die Seite desselben geneigt werden, wenn die Gegenwirkung des Rohres nicht so stark wäre, als die Wirkung des Stabes.

§. 10.

Wenn die Kraft der Trägheit einerley bleibt.

Weil in einem ieglichen Theile eines Körpers eine gewisse Kraft der Trägheit seyn muß, sie mag auch noch so klein seyn: so bleibet die Kraft der Trägheit eines Körpers immer einer-

ley, und nimmt weder ab noch zu, so lange die Menge seiner Theile einerley bleibt.

§. 11.

Wenn die Gegenwirkung zunimmt.

Aber die Gegenwirkungen, womit einerley Kraft der Trägheit verschiedenen Wirkungen widerstehet, sind immer stärker, ie stärker ein Körper in den andern wirkt. Je heftiger man mit einem hölzernen Stabe auf einen eisernen schlägt, (Tab. I. Fig. 6) welcher an zween Zwirnsfäden hängt, desto stärker ist die Gegenwirkung des eisernen Stabes in den hölzernen. Schlägt man ihn mit aller Kraft auf den eisernen: so springt er in Stücken, ohne daß der eiserne Stab die Zwirnsfäden zerreißt. Ich habe zu diesem Versuche einen eisernen Stab genommen, welcher zwey Pfund und sechs und zwanzig Loth am Gewichte hatte, und ihn an Zwirnsfäden gehenkt, dergleichen ich zu den Versuchen gebraucht, da ich untersuchte, ob die Kraft der Trägheit von der Schwere und der Last eines Körpers unterschieden wäre (§. 5). Die hölzernen Stäbe, welche auf dem eisernen zersprungen, waren von weichem und trocknem Holze, und hatten in der Länge vier und fünf pariser Schuh, und im Diameter eine, auch zwo Linien. Wie weit aber die Kraft der Trägheit ihre Gegenwirkung vergrössern könne; und ob diese Vergrößerung in das Unendlich fortgehe: hierauf würde sich antwor-

antworten lassen, wenn es sich bestimmen ließe, wie weit es möglich sey, daß die Wirkung in einen Körper verstärkt werden könne. Herr Professor Hausen sagt in der angeführten Abhandlung von der Reaction d): weil die Größe derselben allemal der Wirkung, die ein Körper leidet, gleich ist, und diese Wirkung so unendlich veränderlich ist, als sich die Geschwindigkeit und die Massen der Körper verändern lassen; so ist in der Stärke, womit die Körper vermöge ihrer ursprünglichen Kraft der Wirkung anderer entgegen wirken, gar keine letzte Größe e). Der scharfsinnige Hausen will also der Kraft der Trägheit in ihrer möglichen Gegenwirkung keine Grenzen setzen. Man wundert sich über die großen Veränderungen, welche das Wasser durch seine Kraft der Trägheit in denen Bleykugeln gemacht hat, welche durch die Kraft des Pulvers nur in eine kleine Tiefe sind geschossen worden (§. 8). Aber man kann doch nicht mit Gewißheit sagen, daß das Wasser durch seine Kraft der Trägheit nicht eine noch größere Wirkung thun könne. Man hat es nicht mit eisernen Kugeln versucht. Man weis nicht, ob nicht dieselben eine eben so große und vielleicht noch größere Verände-

d) Auf der 6ten Seite.

e) Non datur vtique vltima magnitudo efficaciae corporum vi insita reagentium.

rung leiden dürften, wenn sie mit stärkern Pulverladungen in das Wasser geschossen würden.

Das fünfte Hauptstück.

Von der Größe und Verschiedenheit des Widerstandes, welchen flüßige Materien durch ihre Kraft der Trägheit gegen bewegte Körper thun.

§. 12.

Wie man in einer flüßigen Materie die Größe des Widerstandes aus ihrer Kraft der Trägheit zu schätzen habe.

Die Größe des Widerstandes, welchen eine flüßige Materie durch ihre Kraft der Trägheit gegen einen festen Körper thut, wenn er durch dieselbe bewegt wird, bestehet in der Größe ihrer aus der Kraft der Trägheit entspringenden Gegenwirkung und deren Vervielfältigung durch die Menge der widerstehenden Materie. Z. E. ein Cubiczoll Wasser mag gegen die Bewegung eines festen Körpers dergestalt zurück wirken, daß derselbe an seinem Gewichte ein Pfund verliehret. Die Gegenwir-

kung des Cubiczoll Wassers mag hierauf doppelt so stark werden. Der Widerstand des Cubiczoll Wassers in der ersten Wirkung, welche einfach heißen mag, wird sich also zum Widerstande in der doppelten Gegenwirkung wie Eins zu Zwey verhalten; und der Körper wird durch den letztern um zwey Pfund leichter werden. Nun mögen zween Cubiczoll Wasser, davon ieglicher eine doppelte Gegenwirkung thut, gegen den vorigen Körper wirken. Solchergestalt wird die doppelte Gegenwirkung durch die doppelte Menge der Materie verdoppelt. Demnach ist der Widerstand vierfach; und das Gewichte des Körpers wird um vier Pfund vermindert werden. Ließe man drey Cubiczoll Wasser gegen denselben wirken, und ieglicher thäte eine dreyfache Gegenwirkung: so würde ihr Widerstand neunfach werden; und das Gewichte des Körpers würde um neun Pfund abnehmen. Die Größe des Widerstandes, welcher in einer flüßigen Materie aus ihrer Kraft der Trägheit entspringt, wenn ein fester Körper durch sie bewegt wird, läßt sich demnach allemal als ein Factum, oder als ein Product, vorstellen, welches entstehet, indem man die Größe der Gegenwirkung durch die Menge der widerstehenden Materie multipliciret.

§. 13.

Hierbey hat man auf die Größe der Geschwindigkeit des bewegten Körpers zu sehen.

Wie stark aber die Gegenwirkung der Kraft der Trägheit in einer flüßigen Materie sey, wenn sich ein fester Körper durch sie bewegt, und eine wie große Menge Materie gegen ihn wirke, das läßt sich aus der Größe der Geschwindigkeit beurtheilen, da der feste Körper in einer bestimmten Zeit durch einen gewissen Raum in der flüßigen Materie fortgehet. Denn ie größer des bewegten Körpers Geschwindigkeit ist, desto stärker wirkt er in die flüßige Materie, und einen desto größern Raum in derselben durchläuft er in der bestimmten Zeit, und folglich desto mehr Materie stößt er in demselben vor sich hin. Desto stärker wirkt ihm also die flüßige Materie durch ihre Kraft der Trägheit entgegen, und desto mehr wird diese Gegenwirkung durch die fortgetriebene Menge der Materie vervielfältiget.

§. 14.

Die Verschiedenheit des Widerstandes in verschiedenen Geschwindigkeiten des bewegten Körpers.

Wenn ein fester Körper in verschiedenen Zeiten, die aber gleich groß sind, durch eine flüßige Materie, die immer einerley ist, mit ungleich

gleich großen Geschwindigkeiten bewegt wird, und in der Größe und Gestalt der stoßenden Fläche keine Aenderung geschiehet: so verhält sich der Widerstand der Kraft der Trägheit der flüßigen Materie gegen den bewegten Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit zum Widerstande gegen ihn in seiner größern Geschwindigkeit wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern. Denn der Widerstand ist als ein Factum oder Product anzusehen, welches aus der Größe der Gegenwirkung entstehet, wenn dieselbe durch die Menge der widerstehenden Materie multiplicirt wird (§. 12). Die Gegenwirkung der flüßigen Materie gegen den bewegten Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit ist zur Gegenwirkung gegen denselben in seiner größern Geschwindigkeit, wie seine kleinere Geschwindigkeit zum größern. Man kann also für beyde Gegenwirkungen der flüßigen Materie die Geschwindigkeiten des bewegten Körpers setzen. Die gegenwirkende Menge der Materie gegen den festen Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit ist zur gegenwirkenden Menge der Materie gegen ihn in seiner größern Geschwindigkeit gleichfals wie seine kleinere Geschwindigkeit zur größern (§. 13). Dergestalt kann man abermal die Geschwindigkeiten des bewegten Körpers für die gegenwirkende Menge Materie in seiner kleinern und größern Geschwindigkeit nehmen. Der Widerstand, welchen die flüßige

Materie durch ihre Kraft der Trägheit gegen den bewegten Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit thut, verhält sich demnach zu ihrem Widerstande, welchen sie durch ihre Kraft der Trägheit gegen eben denselben Körper in seiner größern Geschwindigkeit thut, wie das Factum oder Product, wenn man die kleinere Geschwindigkeit mit ihr selber multipliciret, zu dem Producte, wenn man die größere mit ihr selber vervielfältiget, und folglich wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern. Liefe z. E. eine Kugel in einem stillstehenden Wasser in einer Secunde durch den Raum eines Schuhes, und zu einer andern Zeit in einer Secunde durch den Raum von vier Schuhen: so wäre die Geschwindigkeit der Kugel in der erstern Zeit zur Geschwindigkeit in der andern, wie Eins zu Viere. Der Widerstand des Wassers durch seine Kraft der Trägheit gegen die Kugel in ihrer kleinern Geschwindigkeit würde also zum Widerstande des Wassers gegen diese Kugel in ihrer größern Geschwindigkeit wie das Quadrat von Eins zum Quadrate von Viere, das ist, wie Eins zu Sechzehn seyn. Dergestalt würde die Kugel bey ihrer vierfachen Geschwindigkeit einen sechszehnmal größern Widerstand im Wasser zu überwinden haben, als wenn ihre Geschwindigkeit nur einfach, oder der vierte Theil von ihrer vierfachen Geschwindigkeit wäre.

§. 15.

§. 15.

Die Verschiedenheit der aus dem Widerstande entstehenden Verweilung.

Durch den Widerstand, welchen eine flüßige Materie mit ihrer Kraft der Trägheit gegen einen bewegten Körper thut, wird seine Bewegung verweilet, oder seine Geschwindigkeit geschwächt, daß unter denen Räumen, die er in gleichen Zeiten auf einander durchläuft, der folgende immer kürzer ist, als der vorhergehende. Je größer also der Widerstand ist, desto größer wird die Verweilung. Wie sich demnach der aus der Kraft der Trägheit entstehende Widerstand der flüßigen Materie gegen den durch sie bewegten Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit zum Widerstande der flüßigen Materie gegen denselben in seiner größern Geschwindigkeit verhält: so verhält sich die Verweilung des Körpers in seiner kleinern Geschwindigkeit zu seiner Verweilung in seiner größern Geschwindigkeit; und folglich die kleinere Verweilung zur größern, wie das Quadrat der kleineren Geschwindigkeit des bewegten Körpers zum Quadrate der größern (§. 14.)

§. 16.

Wie solches durch Hülfe eines Penduls zu erkennen sey. Wo erstlich gezeiget wird, daß man die Geschwindigkeiten der Oscillationen aus der Länge der Bogen zu beurtheilen habe.

Solches lässet sich durch die Schwünge erkennen, die eine an einem Faden hängende Kugel,

Kugel, oder ein so genanntes Pendulum, macht, wenn es aus der senkrechten Linie CA (Tab. II. Fig. 1.) in welcher es stille hängt, entfernet, und auf eine gewisse Höhe D gehoben, und sodann seiner Schwere überlassen wird. Indem es vermöge derselben aus der Höhe D bis zur senkrechten Linie CA durch den Bogen DA herab fällt: so erhält es in diesem Falle die Kraft, daß es von der senkrechten Linie CA auf der andern Seite durch den Bogen AB zu einer Höhe B hinauf steigt, welche der vorigen D gleich ist, wenn ihm im Aufsteigen nichts widerstehet. Die Bewegung durch beyde Bogen DA und AB, sie mögen nun einander an Länge gleich, oder von einander unterschieden seyn, heißen ein Schwung, oder eine Oscillation des Penduls. Je höher das Pendul gehoben, oder von der senkrechten Linie CA, in welcher es seine Ruhe hat, bis auf eine Höhe D gebracht wird, eine desto größere Geschwindigkeit erhält es, wenn es aus dieser Höhe durch seine Schwere niederfällt. Denn die tägliche Erfahrung zeiget, daß die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers immer größer wird, ie größer die Höhe ist, aus welcher es fällt. Wenn aber das Pendul aus einer größern Höhe fällt: so wird auch der Bogen DA im Niederfallen größer. Und weil das Pendul durch den Fall aus der größern Höhe eine größere Geschwindigkeit erhält: so muß auch der Bogen, durch welchen es aufsteiget, größer werden. Dergestalt wird

der

der ganze Bogen, durch welche die Oscillation geschiehet, größer. Wenn demnach einerley Pendul aus verschiedenen Höhen in einerley flüßigen Materie durch seine Schwere niederfällt, und folglich in dem einen Falle eine kleinere, und in dem andern eine größere Oscillation macht: so verhält sich die Geschwindigkeit in der kleinern Oscillation, wodurch ein kürzerer Bogen beschrieben wird, zur Geschwindigkeit in der größern Oscillation, wodurch ein längerer Bogen durchlaufen wird, wie der kürzere Bogen zum längern.

§. 17.

Zum andern, daß die Verweilung des Penduls aus dem Unterscheide der Bogen zu erkennen sey.

Wenn das Pendul seinen Schwung durch eine flüßige Materie thut: so wird es in seiner Bewegung verweilet, und kann also im Aufsteigen von der senkrechten Linie CA keinen so langen Bogen beschreiben, als der Bogen ist, welchen es im Niederfallen beschrieben hat. Der Unterscheid der Länge zwischen diesen beyden Bogen zeiget also die Verweilung an, welche die Bewegung des Penduls in der flüßigen Materie durch ihren Widerstand erlitten hat.

§. 18.

§. 18.

Drittens, wie sich ein Unterscheid zwischen zween Bogen zum andern zwischen zween Bogen verhalte.

Der Unterscheid der Länge zwischen den beyden Bogen DA und AB (Tab. II. Fig. 1.), welche ein Pendul im Niederfallen und Aufsteigen in einer kleinern Oscillation beschreibt, verhält sich also zum Unterscheide der Länge zwischen den beyden Bogen DA und AB, durch welche ein Pendul in einer größern Oscillation niederfällt, wie das Quadrat des kürzern Bogens DAB der kleinern Oscillation zum Quadrate des längern Bogens DAB der größern Oscillation. Denn in der kleinern Oscillation ist die Geschwindigkeit des Penduls kleiner, und in der größern Oscillation ist die Geschwindigkeit desselben größer. In der kleinern Geschwindigkeit ist die Verweilung zur Verweilung in der größern, wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern (§. 15). In den Oscillationen eines Penduls verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die ganzen Bogen der Oscillationen (§. 16): und die Verweilung wird durch den Unterscheid der Länge zwischen dem Bogen, durch welchen das Pendul niederfällt, und dem Bogen, durch welchen es aufsteigt, angezeiget.

§. 19.

Versuche, welche dieses Verhältniß bestätigen.

Die Wahrheit dieses ietzt bewiesenen Verhältnisses wird durch die Versuche erläutert, welche Newton f) mit einem hölzernen Pendul in der Luft angestellet hat. Die Kugel wog $57\frac{7}{22}$ römische Unzen, und hatte im Diameter $6\frac{7}{8}$ londnische Zoll, und hieng an einem dünnen Faden, welchen ein fester Haken hielt. Von dem Puncte, an welchem der Faden hieng, war das Centrum Oscillationis $10\frac{1}{2}$ Schuh entfernet g). Von dem Puncte, an welchem der

f) In Philosoph. Nat. Principiis Mathem. lib. 2. Proposit. 31. in Scholio generali.

g) Was das Centrum Oscillationis, oder der Mittelpunct des Schwunges sey, das läßt sich aus Vergleichung des einfachen und zusammengesetzten Penduls erkennen. Ein Pendul heißt einfach, wenn der Faden CA (Tab. II. Fig. 1.) keine Schwere hat, und an dem untersten Puncte desselben ein einziges Gewicht ist, welches man als einen einzigen Punct ansehen kann. Sind aber an einem steifen Faden CBA (Tab. II. Fig. 2.) etliche Gewichte, als in B und A: so heißt das Pendul zusammengesetzt. In demselben heißt der Punct O, dessen Abstand vom Puncte C der Länge eines einfachen Penduls CA gleich ist, welches in eben der Zeit seine Oscillationen beschreiben würde, in welcher das zusammengesetzte CA die kleinere BK und die größere AD be-

der Faden befestiget war, zählte er an demselben abwärts zehn Schuh und einen Zoll, und machte daselbst ein Zeichen. Diesem bezeichneten Puncte gegen über stellte er ein Liniai, welches in Zolle abgetheilet war, an welchem er die Länge der Bogen in den Bewegungen des Penduls bemerken konnte. Er hob die hölzerne Kugel, und ließ sie aus verschiednen Höhen fallen, und zählte nach ieglichem Falle die Oscillationen, bis die Kugel den achten Theil ihrer Bewegung verlohr. Wenn das Pendul von der senkrechten Linie CA (Tab. II. Fig. 1.) zween Zoll weit auf die Höhe D gehoben worden war, und im Niederfallen den ersten Bogen DA von zween Zollen, und in seiner ganzen Oscillation einen Bogen DAB von 4 Zollen beschrieb: so ver-

beschreibt, das Centrum Oscillationis. Denn weil der Faden CA steif ist: so kömmt der Punct B in der Zeit, da der Punct A bis in D kömmt, nur bis in K, wenn der Faden CA aus der Linie CA in die Linie CD gebracht wird. Die Oscillation durch OF ist demnach die mittelste zwischen der kleinern BK und der größern AD; und der Punct O ist der mittelste zwischen dem obern Puncte B, wo das obere Gewicht ist, und dem untern A, wo das untere Gewicht ist. In dem Puncte O ist, so zu sagen, die Schwere aller Theile des Penduls beysammen. Und hieraus siehet man, warum der Punct O der Mittelpunct des Schwunges, das Centrum Oscillationis, genennet wird.

verlohr es den achten Theil seiner Bewegung in 164 Oscillationen; da denn der letzte Bogen AD, welchen es in der letzten Oscillation im Aufsteigen beschrieb, 1¾ Zoll lang war. Dieses mag der erste Fall heißen, in welchem der Unterscheid zwischen dem ersten Bogen im Niederfallen und dem letzten im Aufsteigen ¼ Zoll betrug. Denn der erste Bogen im Niederfallen war 2, und der letzte im Aufsteigen 1¾ Zoll. Aber 2 — 1¾ = ¼. War der Bogen DA, welchen das Pendul im ersten Niederfallen beschrieb, 4 Zoll: so verlohr es den achten Theil seiner Bewegung in 121 Oscillationen; da denn der Bogen AB im letzten Aufsteigen 3½ Zoll war. In diesem zweyten Falle war also der Unterscheid zwischen dem Bogen DA im ersten Niederfallen und dem Bogen AB im letzten Aufsteigen ½ Zoll. Denn 4 — 3½ = ½. War der Bogen DA, welchen das Pendul im ersten Niederfallen beschrieb, 8 Zoll: so verlohr es den achten Theil seiner Bewegung in 69 Oscillationen; da denn der Bogen AB im letzten Aufsteigen 7 Zoll war. In diesem dritten Falle war also der Unterscheid zwischen dem Bogen DA im ersten Niederfallen und dem Bogen AB im letzten Aufsteigen 1 Zoll. Denn 8 — 7 = 1. War der Bogen DA im ersten Niederfallen 16 Zoll: so verlohr das Pendul den achten Theil seiner Bewegung in 35½ Oscillationen; da denn der Bogen AB im letzten Aufsteigen 14 Zoll war. In diesem vierten

Falle war also der Unterscheid zwischen dem Bogen DA im ersten Niederfallen und dem Bogen AB im letzten Aufsteigen 2 Zoll. Denn 16 — 14 = 2. War der Bogen DA im ersten Niederfallen 32 Zoll: so verlohr das Pendul den achten Theil seiner Bewegung in 18½ Oscillationen; da denn der Bogen AB im letzten Aufsteigen 28 Zoll war. In diesem fünften Falle war also der Unterscheid zwischen dem Bogen DA im ersten Niederfallen und dem Bogen AB im letzten Aufsteigen 4 Zoll. Denn 32 — 28 = 4. War der Bogen DA im ersten Niederfallen 64 Zoll: so verlohr das Pendul den achten Theil seiner Bewegung in 9⅔ Oscillationen; da denn der Bogen AB im letzten Aufsteigen 56 Zoll war. In diesem sechsten Falle war also der Unterscheid zwischen dem Bogen DA im ersten Niederfallen und dem Bogen AB im letzten Aufsteigen 8 Zoll. Denn 64 — 56 = 8. Diese Unterscheide zwischen dem ersten Bogen im Niederfallen und dem letzten Bogen im Aufsteigen in diesen sechs Fällen lassen sich in folgender Tabelle auf einmal vor Augen stellen.

Im	1	2	3	4	5	6	Falle ist
der	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	2	4	8	Unterscheid.

Der Unterscheid zwischen dem Bogen im ersten Niedersteigen und dem Bogen im letzten Auf-

steigen

steigen in ieglichem Falle ist aus allen Unterscheiden, welche durch alle Oscillationen hindurch entstanden sind, zusammengesetzt. Es sind aber diese Oscillationen in der Größe von einander unterschieden. In ieglichem Falle ist die erste Oscillation die größte, und die letzte die kleinste. Sucht man zwischen der größten und kleinsten die mittlere: so hat man den Unterscheid zwischen dem Bogen im ersten Niedersteigen und dem Bogen im letzten Aufsteigen in ieglichem Falle als ein Factum oder Product anzusehen, welches durch Multiplication zweener Factoren entstanden ist, davon der eine der Unterscheid zwischen dem Bogen im Niederfallen und dem nächst folgenden Bogen im Aufsteigen in der mittlern Oscillation, und der andere die Anzahl der Oscillationen ist. Wird demnach der Unterscheid zwischen dem Bogen im ersten Niederfallen und dem Bogen im letzten Aufsteigen in ieglichem Falle als ein Factum durch die Anzahl der Oscillationen als den einen Factor dividiret: so ist der herauskommende Quotient der Unterscheid zwischen dem Bogen im Niederfallen und dem nächst folgenden Bogen im Aufsteigen in der mittlern Oscillation, als der andere Factor. Man findet in ieglichem Falle die mittlere Oscillation zwischen der größten und kleinsten, wenn man den größten Bogen in der ersten Oscillation und den kleinsten in der letzten summiret, und die Summe halbiret; oder den halben Bogen der ersten

Oſcillation und den halben der letzten in eine Summe bringt. Dieſe halben Bogen ſind im erſten Falle $2 + 1\frac{3}{4}$, im zweyten $4 + 3\frac{1}{2}$, im dritten $8 + 7$, im vierten $16 + 14$, im fünften $32 + 28$, im ſechſten $64 + 56$. Demnach iſt

im	1	2	3	4	5	6	Falle
die	$3\frac{3}{4}$	$7\frac{1}{2}$	15	30	60	120	mitt=

lere Oſcillation, oder der Bogen der mittlern Oſcillation. Wird nun der Unterſcheid zwiſchen dem Bogen im erſten Niederſteigen und dem Bogen im letzten Aufſteigen, in ieglichem Falle, da man die mittlere Oſcillation nimmt, durch die Anzahl der Oſcillationen dividiret, als $\frac{1}{4}$ durch 164, $\frac{1}{2}$ durch 121, 1 durch 69, 2 durch $35\frac{1}{2}$, 4 durch $18\frac{1}{2}$, und 8 durch $9\frac{2}{3}$: ſo iſt

im	1	2	3	4	5	6	Falle
der	$\frac{1}{656}$	$\frac{1}{242}$	$\frac{1}{69}$	$\frac{4}{71}$	$\frac{8}{37}$	$\frac{24}{29}$	Unter=
							ſcheid.

Dieſe Unterſcheide verhalten ſich in den größern Oſcillationen gegen einander beynahe wie die Quadrate der beſchriebnen Bogen; in den kleinern Oſcillationen aber iſt das Verhältniß der Unterſcheide etwas größer, als das Verhältniß zwiſchen den Quadraten der Bogen. Solches erhellet, wenn man nach der Vorſchrift des Herrn Thomas le Seur und des Herrn

Franciscus Jacquier in ihren Erläuterungen der Principiorum des Herrn Newtons die Unterscheide der Bogen in der mittlern Oscillation durch den ersten Unterscheid, und die Quadrate der Bogen durch das erste Quadrat dividiret, und bey den Divisionen die übrigbleibenden Brüche in Decimalbrüche verwandelt, da der Nenner 10000 Theile hat. Solchergestalt sind die Unterscheide der Bogen unter einander, wie 1, 2. 7107, 9. 5072, 36. 9577, 141. 8378, 542. 8965. Hingegen die Quadrate der Bogen sind wie 1, 4, 16, 64, 256, 1024. Weil der nächstfolgende Bogen allemal doppelt so groß ist genommen worden, als der nächst vorhergehende ist: so verhält sich allemal unter zween unmittelbar auf einander folgenden Bogen das Quadrat des vorhergehenden zum Quadrate des folgenden, wie 1 zu 4, oder der vorhergehende Bogen ist der 4te Theil des ihm nächstfolgenden. Aber der erste Unterscheid 1 ist größer als der 4te Theil des zweyten 2. 7107, und dieser zweyte gleichfalls größer, als der 4te Theil des dritten 9. 5072. Aber dieser dritte Unterscheid ist nicht viel größer als der 4te Theil des vierten 36. 9577, und dieser vierte Unterscheid kömmt dem 4ten Theile des fünften Unterscheides 141. 8378 noch näher; und dieser fünfte Unterscheid kömmt dem 4ten Theile des sechsten Unterscheides 542. 8965 noch näher.

§. 20.

Wie weit sich das Verhältniß des Widerstandes einer flüßigen Materie durch die Oscillationen bestätigen lasse.

Wenn der Unterscheid zwischen dem Bogen im Niederfallen und dem nächstfolgenden im Aufsteigen in einer kleinern Oscillation sich zum Unterscheide zwischen diesen beyden Bogen in einer größern Oscillation allemal genau verhielte, wie das Quadrat des kleinern Bogens in der kleinen Oscillation zum Quadrate des größern in der größern: so hätte man durch die Oscillationen eines Penduls eine völlige Bestätigung des obigen Satzes (§. 14), daß der Widerstand, welchen eine flüßige Materie durch ihre Kraft der Trägheit gegen einen in ihr bewegten Körper in seiner kleinern Geschwindigkeit thut, sich zum Widerstande ihrer Kraft der Trägheit gegen eben diesen Körper in seiner größern Geschwindigkeit wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern verhalte. Denn der Unterscheid der Länge zwischen zween unmittelbar auf einander folgenden Bogen im Niederfallen und Aufsteigen des Penduls zeiget die Verweilung an, welchen die Bewegung des Penduls in einer flüßigen Materie durch ihren Widerstand gelitten hat (§. 17). Die durch die Kraft der Trägheit entstehende Verweilung eines Körpers, welcher sich durch eine flüßige Materie

mit einer kleinern Geschwindigkeit bewegt, ist zu seiner Verweilung in seiner größern Geschwindigkeit, die er in eben dieser flüßigen Materie hat, wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern (§. 15). Und die Geschwindigkeiten eines oscillirenden Penduls verhalten sich wie Bogen seiner Oscillationen, wenn es aus verschiednen Höhen durch seine Schwere in einerley flüßigen Materie niederfällt (§. 16). Unterdessen aber erhält doch der bewiesne Satz von dem Verhältnisse des Widerstandes, welchen eine flüßige Materie durch ihre Kraft der Trägheit gegen einen Körper thut, wenn er mit verschiednen Geschwindigkeiten durch sie bewegt wird, durch das, was Newton an den Schwüngen eines Penduls bemerkt hat, eine große Erläuterung. Denn in den größern Oscillationen verhalten sich doch die Unterscheide der unmittelbar auf einander folgenden Bogen im Niederfallen und Auffsteigen beynahe wie die Quadrate der ganzen Bogen, wodurch die Oscillationen geschehen. Und auch in den kleinern Oscillationen ist die Abweichung von diesem Verhältnisse nicht so gar groß. Es lässet sich nur nicht sagen, daß überhaupt der Widerstand einer flüssigen Materie gegen einen langsamern in ihr bewegten Körper sich zum Widerstande gegen denselben in seiner geschwindern Bewegung, wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern verhalte. Eine

flüßige Materie widerstehet der Bewegung, die ein fester Körper durch sie fortsetzet, nicht nur durch ihre Kraft der Trägheit, sondern auch durch den Zusammenhang ihrer Theile. Hierzu kömmt noch in der Luft die Elasticität, wodurch ihre Theile, die durch den Stoß eines durch sie laufenden Körpers zusammen gedrückt werden, sich wieder auszubreiten suchen. Endlich ist auch zu erwegen, ob die Luft, in welcher Versuche angestellet werden, immer einerley Dichtigkeit hat. Selbige wechselt beständig ab. Hat man einen Körper durch die Luft bewegen lassen, und den Widerstand angemerket: so kann in dem folgenden Versuche die Luft bald dichter, bald dünner seyn; und also durch ihre Kraft der Trägheit dem bewegten Körper bald stärker, bald schwächer, widerstehen, und folglich die Bewegung desselben bald mehr, bald weniger, verweilen. Es wird demnach allemal schwer seyn, durch Versuche zu finden, daß in verschiednen Geschwindigkeiten, mit welchen sich ein Körper durch die Luft bewegt, der Widerstand, welchen sie durch ihre alleinige Kraft der Trägheit thut, in der kleinern Geschwindigkeit zum Widerstande in der größern sey, wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit zum Quadrate der größern.

§. 21.

§. 21.

Herrn Schobers Versuche über das Verhältniß des verschiednen Widerstandes der Luft.

Was überhaupt das Verhältniß des verschiednen Widerstandes betrifft, welchen die Luft durch Verbindung ihrer Kraft der Trägheit, ihrer Elasticität und des Zusammenhangs ihrer Theile gegen einen festen Körper thut, welcher sich mit verschiednen Geschwindigkeiten durch sie bewegt: so hat Herr Schober, dessen große Wissenschaft und Erfahrung in dem Maschinenwesen aus seinen Aufsätzen von dem pohlnischen Salzwerke, und seinem Versuche einer Theorie von der Ueberwucht, bekannt ist, durch merkwürdige Versuche gefunden, daß das Verhältniß des Widerstandes, welchen eine gerade Fläche leidet, wenn sie mit verschiednen Geschwindigkeiten gerade gegen die Luft bewegt wird, kleiner ist, als das Verhältniß zwischen den Quadraten der Geschwindigkeiten. Diese Versuche hat er im 9ten Bande des hamburgischen Magazins beschrieben, wo in dem 2ten Stücke seine Erfahrungen und Theorie von der Wirkung der Windmühlen und der Wendung ihrer Flügel vorgetragen werden. Herr Schober hat diese Versuche in dem Schachthause in Kösen an der Saale durch Hülfe eines horizontal liegenden Rades angestellet. Aus dem Rade gieng ein flacher Stab, an dessen Ende eine Fläche, welche gegen die Luft

Luft bewegt werden sollte, angemacht war. Auf die Spindel, durch deren Umdrehung das Rad bewegt wurde, war eine geflochtne Schnur aufgewunden, die von da über eine Rolle gieng, und mittelst deren die Spindel durch hinlängliche Gewichte umgetrieben wurde. Wenn sich das Rad umdrehete: so wand sich auf dasselbe eine Schnur, wodurch eine Feder neben dem Rade angespannt wurde. Der Raum, durch welchen sich die Fläche, die an dem aus dem Rade hervorgehenden Stabe angemacht war, in einer Umwendung der Spindel gegen die Luft bewegte, war 25 Fuß. Man konnte die Bewegung so verrichten, daß die Fläche an dem Stabe mit einer Geschwindigkeit in einer Secunde durch 12½, oder durch 25, oder durch 50 Fuß durch die Luft bewegt wurde. Auch konnte man die Größe des Gewichts erkennen, womit die Feder in ieglicher Geschwindigkeit mittelst der Schnur, die sich auf das Rad aufwand, angespannet ward. Herr **Schober** ließ an dem flachen Stabe des Rades eine gerade Quadratfläche von 13. 44 Quadratzollen mit drey verschiednen Geschwindigkeiten gerade gegen die Luft bewegen. Mit der ersten gieng sie in einer Secunde durch 12½ Fuß, mit der zweyten durch 25 Fuß, und mit der dritten durch 50 Fuß. In der ersten Geschwindigkeit ward die Feder auf 1. 56 Loth, in der zweyten auf 5. 09 Loth, und in der dritten auf 19. 09 Loth angespannt. Die Geschwin-

schwindigkeiten verhielten sich also gegen einander wie 1, 2, 4 und folglich ihre Quadrate wie 1, 4, 16. Hingegen der Widerstand in der ersten Geschwindigkeit war zum Widerstande in der zweyten, und zum Widerstande in der dritten, wie 1. 56 zu 5. 09 und zu 19. 09. Die Fläche von 13 Quadratzollen und $\frac{44}{100}$ Theilchen hat also bey ihrer doppelten Geschwindigkeit nicht viermal, und bey ihrer vierfachen Geschwindigkeit nicht sechzehnmal so viel Widerstand gelitten, als bey der einfachen.

§. 22.

Das Verhältniß des Widerstandes in flüßigen Materien von verschiedner Dichtigkeit.

Wird ein Körper durch zwo flüßige Materien, die in der Dichtigkeit unterschieden sind, mit einerley Geschwindigkeit bewegt, und in der Größe und Gestalt der stoßenden Fläche geschiehet keine Veränderung: so verhält sich der Widerstand aus der Kraft der Trägheit in der lockern Materie zum Widerstande aus der Kraft der Trägheit in der dichtern, wie die Dichtigkeit der lockern zur Dichtigkeit der dichtern. In gleichem Verhältnisse wird also auch der durch sie bewegte Körper in seiner Bewegung verweilet. Weil einerley Körper mit einerley Fläche und mit einerley Geschwindigkeit gegen beyde Materien stößt: so kann in Betrachtung

der Größe ihrer zurückwirkenden Flächen im Widerstande kein Unterscheid entstehen (§. 9). Aber in der widerstehenden Fläche der dichtern Materie ist eine größere Menge zurückwirkender Theile, als in der gleich großen Fläche der lockeren Materie. Und diese größere Menge der zurückwirkenden Theile in der widerstehenden Fläche der dichtern Materie ist um so viel größer, um so viel die Dichtigkeit der dichtern Materie größer ist, als die Dichtigkeit der lockerern. Jegliche widerstehende Fläche mag ein Quadratzoll seyn, und iegliches kleinstes Theilchen in der dichtern Fläche mag so groß seyn, als iegliches kleinstes Theilchen in der lockerern. Da der bewegte Körper in beyde Flächen mit einerley Geschwindigkeit stößet: so wirkt iegliches kleinstes Theilchen der lockerern Fläche durch seine Kraft der Trägheit so stark zurück, als iegliches kleinstes Theilchen in der dichtern Fläche. Wird also die Gegenwirkung des kleinsten Theilchens in ieglicher Fläche durch die Menge ihrer kleinsten Theile multipliciret: so sind die Facta, welche den Widerstand der dichtern und lockerern Fläche anzeigen (§. 12), an Größe unterschieden, aber nicht in Betrachtung der Gegenwirkung eines kleinsten Theilchens, sondern dadurch, daß die Menge dieser kleinsten Theilchen in der dichtern Fläche größer ist, als in der lockern. Also verhält sich der Widerstand, welchen die dichtere Materie durch ihre Kraft der Trägheit gegen den bewegten

Körper

Körper thut, zu dem Widerstande der lockerern gegen eben diesen Körper bey gleicher Geschwindigkeit, wie die Dichtigkeit der dichtern Materie zur Dichtigkeit der lockerern. Die Menge der kleinsten Theilchen der Quadratfläche der lockerern mag zur Menge der kleinsten Theilchen in der Quadratfläche der dichtern seyn, wie Eins zu Tausend. Dergestalt wird die dichtere Materie durch ihre Kraft der Trägheit dem durch sie bewegten Körper tausendmal stärker widerstehen, als die lockere Materie.

§. 23.

Versuche in Luft, Wasser und Quecksilber.

Newton schätzt h) die Dichtigkeit der Luft zur Dichtigkeit des Wassers wie 1 zu 850. Eben dieses Verhältniß hat er zwischen dem Widerstande der Luft und dem Widerstande des Wassers gefunden, da er Achtung gegeben hat, wie sich die Anzahl der Oscillationen in der Luft zur Anzahl der Oscillationen im Wasser verhalten hat, wenn ein Pendul in beyden flüßigen Materien bey einerley Geschwindigkeit gleich stark verweilet worden ist. Die Dichtigkeit des Wassers verhält sich zur Dichtigkeit des Quecksilbers beynahe wie 1 zu 14. Eben dieses Verhältniß hat Newton zwischen dem Widerstande des Wassers und dem Widerstande des Quecksilbers

h) In dem oben angeführten Scholio.

silbers wahrgenommen, da er ein eisernes Pendul durch beyde flüßige Materien hat oscilliren lassen.

Das sechste Hauptstück.

Von der Schwierigkeit in der Erklärung, wie ruhende Körper bey ihrer Kraft der Trägheit die Bewegung annehmen können.

§. 24.

Die Ursache der Schwierigkeit.

Eine weiche Kugel B (Tab. II. Fig. 3.) mag dergestalt liegen oder hängen, daß sie von dem Orte C her, gegen welchen sie bewegt werden soll, keinen Widerstand hat. Läuft an diese ruhende Kugel B eine andere A von gleicher Größe, die ebenfalls weich ist, nach der Linie ABC, welche durch die Mittelpuncte beyder Kugeln gehet: so kömmt die ruhende durch diesen geraden Stoß in Bewegung, die laufende verliehrt im Anstoße die Hälfte ihrer Geschwindigkeit, und beyde laufen, ohne sich von einander zu trennen, mit der übrigen Hälfte der Geschwindigkeit durch die Linie BC gegen den

den Ort C. Da die ruhende Kugel B durch ihre Kraft der Trägheit in die stoßende A so stark zurück wirkt, als die stoßende durch ihre Bewegung in die ruhende wirkt (§. 9): so fragt es sich, wie die ruhende zu laufen anfange? Wenn ihre Gegenwirkung schwächer wäre, als der Stoß, womit die anlaufende in sie wirkt: so könnte man ohne Bedenklichkeit antworten, die Bewegung der ruhenden entstünde aus dem Theile des Stoßes, welchem sie mit ihrer Kraft der Trägheit nicht widerstünde. Aber ein ruhender Körper wirkt allemal durch diese Kraft in einen stoßenden so stark, als der stoßende in ihn wirkt. Es ist also schwer zu erklären, wie ein Körper bey seiner Kraft der Trägheit von einem andern die Bewegung erhalten könne.

§. 25.

Hausens Gedanken darüber.

Diese Schwierigkeit hält der Herr Professor Hausen in der oben (§ 3) angeführten Einladungsschrift auf der siebenten Seite für ungemein groß. Seine Gedanken sind folgende. In einem leidenden Körper gehet zweyerley vor: er wirkt in den wirkenden zurück; und indem dieses geschiehet, so kömmt der leidende in den Zustand einer fortzusetzenden Bewegung. Was ist nun aber das, daß der leidende Körper eine Bestrebung erhält, von einem Orte

zum andern fortzugehen? Was ist das, daß in dem wirkenden Körper dasjenige, was er unaufhörlich würde behalten haben, wenn er in den leidenden nicht gewirkt hätte, nunmehr, da die Gegenwirkung dazu kömmt, aufhört zu seyn? Wer die Erklärung dieser Sache für leicht ansiehet, der maaßt sich zu viel an; er wollte denn nur so viel sagen, es sey eine Sache, die so geschehe, und die man von Kindheit an so gesehen habe. Wenn es uns bey der Unmöglichkeit, da wir nicht begreifen können, wie ein Geist in einen Körper wirke, nicht zu verdenken ist, wenn wir sagen, es geschehe dieses durch eine Uebereinstimmung und Harmonie, die gleich anfänglich so gemacht worden sey: so könnte es bey der Untersuchung, wie sich die Bewegung mittheile, wegen einer fast eben so großen Dunkelheit scheinen, man müsse sich hierinnen eben so erklären, wenn man nicht den Vorwurf zu besorgen hätte, daß man solchergestalt alle natürliche Wirkungen für solche halten wollte, die ursprünglich so wären. Wer sich also nicht so viel zutrauet, er wisse, wie es mit dieser Sache sey, der muß damit zufrieden seyn, daß er weis, es geschehe täglich, daß die der Wirkung entgegengesetzte Gegenwirkung des leidenden Körpers, die von der Wirkung des wirkenden Körpers entstehende Zeugung einer neuen Bewegung nicht von sich stoße, sondern annehme; und daß die Gegenwirkung sich nicht blos leidend verhalte,

sondern zugleich etwas thue, indem sie hinwiederum in dem wirkenden Körper eine Veränderung seines Zustandes mache. Und diese mit der Wirkung verbundne Gegenwirkung ist vielleicht das einzige, was sich aus allem, was in der Mittheilung der Bewegung geschiehet, erkennen läßt.

§. 26.

Eine Erklärung, wie ein ruhender Körper von einem bewegten die Bewegung erhalte.

In den Memoiren der parisischen Academie der Wissenschaften wird auf das Jahr 1706, in der Historie von den Gesetzen des Stoßes der Körper, die Art und Weise, wie die Körper, die keine Elasticität haben, einander die Bewegung mittheilen, folgendergestalt erklärt. Es ist eine gewisse Kraft, heißt es, wodurch die Bewegung entstehet. Bewegt diese Kraft zu verschiednen Zeiten Körper von verschiedner Größe; bleibt aber einerley, und wirkt in jeglichen ganz: so giebt sie dem größeren Körper eine kleinere Geschwindigkeit, und dem kleinern eine größere. Ein ruhender Körper setzt einem bewegten, welcher auf ihn trifft, nichts als seine Ruhe entgegen, die höchstens nur eine unendlich kleine Kraft ist. Ein bewegter Körper, welcher an einen ruhenden stößt, behält also in diesem Stoße seine völlige Kraft, die er vor demselben gehabt hat; bekömmt aber

eine Vermehrung seiner Masse durch die Masse des ruhenden Körpers. Der ruhende Körper muß demnach in Bewegung kommen; weil er als ein Theil des bewegten Körpers anzusehen ist. Aber beyde Körper müssen sich mit einer kleinern Geschwindigkeit bewegen, als die Geschwindigkeit des bewegten Körpers vor dem Stoße gewesen ist; weil beyde Körper als ein einziger Körper zu betrachten sind, dessen Masse größer ist, als die Masse des bewegten, welcher mit der ruhenden durch den Stoß vereiniget worden ist. Es ist hier von den Körpern die Rede, die keine Elasticität haben, und einander gerade stoßen (§. 24). Auch sollen in dieser ganzen Abhandlung keine andere verstanden werden.

§. 27.

Was dagegen zu erinnern sey.

Es scheint, in dieser Erklärung werde die Kraft der Trägheit nicht in Erwegung gezogen, da man sagt, daß der ruhende Körper dem anlaufenden nichts als seine Ruhe entgegen stelle. Wenn man aber hinzusetzt, daß die Geschwindigkeit, mit welcher beyde Körper nach dem Stoße laufen, kleiner sey, als die Geschwindigkeit, mit welcher der bewegte Körper angelaufen ist; weil die Masse beyder Körper größer sey, als die alleinige Masse des angelaufnen: so giebt man hierdurch zu erkennen,

daß

daß die Masse des ruhenden der Bewegung des anlaufenden einigen Widerstand thun muß. Woher soll derselbe kommen? Wenn der anlaufende in den ruhenden wirkt: so muß der ruhende durch seine Kraft der Trägheit in ihn zurück wirken. Solchergestalt aber kömmt man wieder auf die Frage: wie der ruhende in Bewegung komme, da er dem anlaufenden so stark entgegen wirkt, als der Stoß ist, mit welchem der anlaufende in ihn wirket?

§. 28.

Versuch einer neuen Erklärung.

Soll ein ruhender Körper, der keine Elasticität hat, durch den Stoß eines unelastischen in Bewegung gebracht werden: so muß er mit seiner Kraft der Trägheit nicht der ganzen bewegenden Kraft des anlaufenden entgegen wirken. Wenn die Gegenwirkung des ruhenden der ganzen Bewegung des anlaufenden gleich ist: so hat der anlaufende nichts, wodurch er sich und den ruhenden bewegen kann. Die Bewegung des anlaufenden muß also mit dem Stoße völlig aufhören, und der ruhende kann keine erhalten. Kömmt demnach ein ruhender Körper, der außer der Kraft der Trägheit keine andere Kraft hat, in Bewegung, wenn ein bewegter

ter von eben der Art an ihn stößt: so ist daraus abzunehmen, daß der angelaufne nicht mit seiner ganzen Kraft der Bewegung in ihn gewirkt habe. Solchergestalt wird durch die Gegenwirkung des ruhenden nur ein Theil der bewegenden Kraft in dem anlaufenden Körper an seiner fernern Wirkung gehindert. Dieses ist der Theil der Kraft, mit welchem er den ruhenden gestoßen hat. Durch den übrigen Theil der Kraft, welchen er nicht zum Stoße und zur Wirkung in den ruhenden anwendet, setzet er also den ruhenden in Bewegung, und gehet mit ihm fort. Denn in dem ruhenden Körper ist nun weiter keine Wirkung, welche dem Theile der Kraft, welchen der angelaufne zur Wirkung in den ruhenden nicht angewendet hat, widerstehen sollte. Ein ruhender Körper kann demnach eine Bewegung annehmen, ohne daß solches dem Gesetze entgegen ist, wornach seine Kraft der Trägheit wirket. Die Gegenwirkung derselben ist nur so groß, als die Wirkung, die in dem ruhenden Körper aus dem Stoße des anlaufenden entstehet. Dem Theile der bewegenden Kraft, womit der anlaufende in den ruhenden nicht wirket, thut die Kraft der Trägheit des ruhenden keinen Widerstand.

§. 29.

Eine Einwendung dagegen wird beantwortet.

Bey dieser Erklärung findet sich eine neue Schwierigkeit. Eine weiche Kugel A mag durch ihren geraden Stoß eine andere B von gleicher Art und Größe, die von allen Seiten frey liegt, in Bewegung bringen. Die Kugel A mag hierauf mit eben der Geschwindigkeit, mit welcher sie an die Kugel B gelaufen ist, an eine weiche Kugel C gerade stoßen, die ebenfalls von allen Seiten frey liegt, aber tausendmal größer ist, und sich durch den Stoß nicht in Bewegung bringen läßt. Stößt nicht die Kugel A in beyde Kugeln B und C mit gleicher Stärke, da sie gegen beyde mit einerley und gleich großer Geschwindigkeit läuft? Spricht man demnach, die Kugel A wirke im Stoße, welchen sie in die Kugel B thut, nur mit einem Theile ihrer Kraft: so muß man eben dieses von ihr sagen, wenn sie an die Kugel C stößt, und solches mit eben der Geschwindigkeit thut, mit welcher sie an B angelaufen ist. Bringt sie aber mit dem übrigen Theile ihrer Kraft die Kugel B in Bewegung: warum kann sie mit eben diesem Theile der Kraft nicht auch die Kugel C aus ihrer Ruhe bringen? Hierauf lässet sich

dieses antworten: je größer die Menge der Theile eines ruhenden Körpers ist, in desto mehr Theile wirkt ein anlaufender Körper, welcher an ihn stößt. Desto größer ist also seine Wirkung. Desto größer ist also die Gegenwirkung des ruhenden. Hat demnach der ruhende Körper so viel Theile, daß der anstoßende alle seine bewegende Kraft anwenden muß, wenn er in alle wirken soll: so bleibt ihm von seiner Kraft nichts übrig, was er zu einer weitern Bewegung anwenden könnte.

II.

Von den merkwürdigen Eigenschaften und Wirkungen der elastischen Kraft der Luft.

Das
erste Hauptstück.
Von dem Maaße der elastischen Kraft der Luft.

§. 30.
Worauf man bey diesem Maaße zu sehen habe.

Die elastische Kraft der Luft hat die Eigenschaft, daß sie sich vermehren und vermindern läßt, und in ihrem Ab- und Zunehmen unendliche Grade hat. Von keinem läßt sich denken und sagen, wie groß er sey, wenn man nicht eine genugsam bekannte Größe hat, gegen welche man ihn halten, und hierdurch zeigen kann, ein wie vielter Theil er von derselben sey. Man hat demnach eine ihrer Größe nach bekannte Wirkung der elastischen Kraft der Luft zu suchen, die man bey allen ihren übrigen Wirkungen zum Maaße nehmen kann, wenn man ihre Größe und Stärke oder Schwäche erklären soll.

§. 31.

Womit sich die Elasticität der Luft vergleichen lasse.

Ein iglicher Theil der untern Luft, dessen Grundfläche so groß ist, als die Grundfläche einer gegen ihn drückenden Luftsäule, wirkt mit seiner Elasticität gegen den Druck dieser Säule, die sich durch den Himmel bis an die Grenzen der Luft erstreckt, so stark, als dieselbe drücket. Man setze eine cylindrische Röhre ABCD (Tab. II. Fig. 4) die unten einen Boden hat, und oben offen ist, unter freyem Himmel auf die Erde, oder auf einen Tisch. Von der Luftsäule, die auf den Boden des Gefäßes drückt, nehme man den Cylinder ABEF, welcher einen Zoll hoch seyn mag. So groß die Last ist, mit welcher dieser Luftcylinder von der Luftsäule gedrückt wird: so bleibt er doch flüßig, und behält seine Höhe; ohngeachtet er sich durch ein Gewicht in einen engern Raum bringen läßt. Man nehme zwo Röhren ABCD und EFGH (Tab. II. Fig. 5.) die einen gemeinschaftlichen Gang DEHC haben, deren die erstere in AB verschlossen und die andere oben in FG offen ist. Der Luftcylinder in der verschloßnen Röhre ABCD läßt sich in einen engern Raum bringen, wenn man mit einer gewissen Gewalt gegen ihn drückt. Aber durch die bloße Gewalt, mit welcher die Luftsäule durch die offne Röhre und durch den gemeinschaft-

schaftlichen Gang gegen ihn drückt, wird er in keinen engern Raum gebracht. Man verschließe den gemeinschaftlichen Gang DEHC (Tab. II. Fig. 5.) durch eine Zwischenwand IK. Die Luft, welche in dem Raume IKEH von der Luft der angrenzenden Luftsäule im offnen Cylinder gedrückt wird, läßt sich ebenfalls in einen engern Raum bringen, wenn man eine Gewalt gegen sie braucht. Hingegen durch den bloßen Druck der Luftsäule geschiehet solches keinesweges. Ein ieglicher von diesen Luftcylindern drücket demnach durch seine Elasticität so stark gegen die Luftsäule, deren Grundfläche ieglicher Grundfläche der Cylinder gleich ist, als die ganze Luftsäule gegen diese Cylinder drückt. Und man siehet zugleich, daß der Druck der Elasticität einerley ist, er mag aufwärts, oder niederwärts, oder seitwärts geschehen.

§. 32.

Das Maaß der Elasticität der Luft.

Es ist bekannt, daß das Quecksilber in der torricellianischen Röhre, oder in dem so genannten Barometer, durch den Druck der äußern Luft verhindert wird, daß es in der Röhre nicht herabfallen kann. Man kann demnach zum Maaße der elastischen Kraft der Luft das Gewichte des Quecksilbers in der torricellianischen Röhre annehmen. Man thut solches, weil

weil sich dieses Gewichte leicht erkennen läßt, und die Stärke anzeigt, womit die Luftsäule gegen das Quecksilber im Barometer drückt. Wenn aber das Gewichte der Quecksilbersäule im Barometer bekannt ist: so kann man an statt ihres Gewichts den Druck der Luftsäule zum Maaße der elastischen Kraft der Luft brauchen.

§. 33.

Ein Zweifel wird gehoben.

Weil aber die Höhe der Quecksilbersäule im Barometer an einerley Orte ab- und zunimmt; und folglich das Gewichte der Säule nicht immer einerley ist: so entstehet ein Zweifel, ob dasselbe ein gewisses und beständiges Maaß der elastischen Kraft der Luft abgeben könne. Dieser Zweifel läßt sich heben. Unter den verschiednen Höhen der Quecksilbersäule, die an einerley Orte im Barometer bemerket werden, ist eine die kleinste und eine die größte. In Frankreich hat man die kleinste Höhe 26 Zoll 4 Linien, und die größte 28 Zoll 4 Linien, durch viele Beobachtungen gefunden. Zwischen diesen beyden Puncten ist die Abwechselung der Höhe des Quecksilbers im Barometer daselbst eingeschlossen i). Man kann also das

i) In den Memoiren auf das Jahr 1704 und 1719. So hat es 1719 am 24 Januar in Paris

das Gewichte einer Quecksilbersäule, die entweder 26 Zoll 4 Linien, oder 28 Zoll 4 Linien, oder 28 Zoll, oder 27 Zoll hoch ist, zum Maaße der elastischen Kraft der Luft nehmen.

§. 34.

Dieses Maaß wird durch Gewichte bestimmt und ausgedrückt.

Ist die Barometerhöhe am Ufer des Meeres 28 Pariser Zoll: so ist die Elasticität der Luft, welche daselbst einen Quadratzoll deckt, so stark als die Kraft eines Gewichts von 12 Pfunden, 11 Unzen und 112 Gran. Ist die Barometerhöhe am Ufer des Meeres 27 Zoll: so widerstehet die Elasticität der Luft, die daselbst einen Quadratzoll deckt, der obern Luft mit einer Gewalt von 12 Pfunden 3 Unzen und 540 Gran. Ist die Barometerhöhe nur 26 Zoll und 4 Linien: so wirkt die Luft, die am Fuße des Barometers auf einem Quadratzolle liegt, gegen die obere Luft durch ihre Elasticität nur so

ris bey hellem Himmel und stiller Luft 28 Zoll 4 Linien hoch gestanden. Das ist sein höchster Stand, heißt es in der Erzählung. Am 8 Januar ist es bey einem heftigen Südwinde 26 Zoll 8 Linien, am 14 Januar bey Westsüdwinde 26 Zoll und 10 Linien, hingegen in Genua bey großem Nordwestwinde 26 Zoll 0 Linie $\frac{1}{4}$ gewesen.

so stark, als ein Gewicht von 11 Pfunden, 15 Unzen und $57\frac{1}{3}$ Gran. Hingegen ist die Barometerhöhe 28 Zoll und 4 Linien: so hat die Luft, die am Fuße desselben einen Quadratzoll decket, eine Elasticität, welche so stark wirkt, als ein Gewicht von 12 Pfunden, 13 Unzen und 353 Gran.

Denn wenn auf einer Fläche eines pariser Quadratzolles 28 Zoll hoch Quecksilber liegt: so bestehet dasselbe aus 28 pariser Cubiczollen. Ein pariser Cubiczoll Quecksilber wiegt 4180 Gran. Also wird die untere Luft auf dem Quadratzolle von 28mal 4180 Granen, das ist von 117040 Granen, oder von 12 Pfunden 11 Unzen und 112 Granen gedrückt k). So stark ist demnach die Elasticität der Luft, die am Ufer des Meeres einen pariser Quadratzoll deckt, wenn die Barometerhöhe 28 Zoll ist. Liegt auf einem pariser Quadratzolle 27 Zoll hoch

k) Eisenschmid zeigt in seiner Untersuchung de Ponderibus et Mensuris, pag 174 auf der Tabula grauitatis liquorum, daß ein pariser Cubiczoll Quecksilber im Sommer 7 Unzen und 138 Gran, im Winter aber 7 Unzen und 158 Gran wiegt. Das mittlere Gewichte zwischen diesen beyden Gewichten ist 7 Unzen und 148 Gran. Im Anfange dieser Untersuchung pag. 3. wird die Unze in 576 Gran eingetheilet, und 16 Unzen werden auf ein pariser Pfund gerechnet. Also 7 Unzen und 148 Gran sind 4180 Gran.

hoch Quecksilber: so hält dasselbe 27 pariser Cubiczoll, und folglich am Gewichte 12 Pfund, 3 Unzen und 540 Gran. So stark ist also die Elasticität der Luft, die am Ufer des Meeres auf einem Quadratzolle liegt, wenn die Barometerhöhe 27 Zoll ist. Ist die Quecksilbersäule 26 pariser Zoll und 4 Linien hoch, und hat zur Grundfläche einen pariser Quadratzoll: so bestehet das Quecksilber dieser Säule aus 45504 pariser Cubiclinien, und wiegt 11 Pf. 15 Unzen und $57\frac{1}{3}$ Gran. Denn ein pariser Zoll hat 12 Linien. Ein Quadratzoll hat also 144 Quadratlinien, und ein Cubiczoll 1728 Cubiclinien. Nun wiegt ein Cubiczoll Quecksilber 4180 Gran. Dergestalt machen 45504 Cubielinien am Gewichte $110073\frac{1}{3}$ Gran. Denn $1728 : 45504 = 4180 : 110073\frac{1}{3}$. Dieses ist die Stärke der elastischen Kraft der Luft, die am Ufer des Meeres auf einem Quadratzolle liegt, wenn die Barometerhöhe 26 Zoll und 4 Linien beträgt. Ist aber die Barometerhöhe am Ufer des Meeres 28 Zoll 4 Linien: so ist die elastische Kraft der Luft, welche daselbst einen Quadratzoll decket, der Kraft eines Gewichts von 12 Pfunden 13 Unzen und $353\frac{1}{3}$ Granen gleich. Denn der körperliche Inhalt des Quecksilbers in einer Säule, deren Grundfläche einen Quadratzoll, und deren Höhe 28 Zoll und 4 Linien hat, bestehet aus 48960 Cubiclinien.

§. 35.

Wie nach diesem Maaße die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf verschiednen Flächen zu schätzen sey.

Werden zwo ungleich große Flächen A und B von der Luft durch ihre elastische Kraft gedrückt, die von dem Drucke zwoer Luftsäulen entstehet, durch deren Gewichte zwo Quecksilbersäulen, deren Grundflächen sich wie die Flächen A und B verhalten, in einerley Höhe erhalten: so ist die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche A zur Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche B, wie die Fläche A zur Fläche B. Denn die Gewichte dieser Quecksilbersäulen sind das Maaß der elastischen Kräfte, wodurch die Luft die Flächen A und B drückt (§. 32). Nun ist aus der Geometrie bekannt, daß Säulen, die gleiche Höhen haben, sich wie ihre Grundflächen verhalten. Ist demnach die Fläche A ein Quadratzolle, und die Fläche B fasset zween Quadratzolle; und die Barometerhöhe ist bey beyden Flächen 28 Zoll, so verhält sich die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche A zur Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche B, wie 1 zu 2. Ist die Barometerhöhe 28 pariser Zoll: so ist die elastische Kraft, womit die Luft einen Quadratzoll am Ufer des Meeres drückt, so groß als die Kraft eines Gewichtes von 12 Pfund 11 Unzen und

112 Granen (§. 34). Dergestalt wird die Fläche B, die zween Quadratzolle hat, von der Elasticität der Luft am Meere mit einer Kraft von 25 Pfunden 6 Unzen und 224 Granen gedrückt.

Sind aber die Flächen A und B gleich groß, und die Quecksilbersäulen in den Barometern neben ihnen in den Höhen unterschieden: so verhält sich die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche A zur Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche B; wie die Höhe der Barometersäule bey A zur Höhe der Barometersäule bey B. Es wird wiederum die elastische Kraft verstanden, deren Stärke durch den Druck zwoer Luftsäulen entstehet, davon die eine durch ihr Gewicht die kürzere Quecksilbersäule, und die andre die längere Quecksilbersäule erhalten kann, und da die Grundflächen beyder Säulen den Flächen A und B gleich sind. Haben zwo Quecksilbersäulen, deren Höhen unterschieden sind, gleich große Grundflächen: so verhalten sich ihre Gewichte wie die Höhen. Denn die Säulen bestehen aus einerley Materie. Die Fläche A mag ein Quadratzoll, und die Fläche B gleichfalls ein Quadratzoll seyn. Entstehet die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche A von dem Drucke einer Luftsäule, deren Gewichte dem Gewichte einer 27 Zoll hohen Quecksilbersäule gleich ist; und die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche B vom Drucke einer

Luftsäule, deren Gewichte dem Gewichte einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule gleich ist; und sind die Grundflächen dieser Säulen den Flächen A und B gleich: so ist die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche A zur Stärke der elastischen Kraft der Luft auf der Fläche B, wie 27 zu $28 = 1 : 1\frac{1}{27}$. So verhalten sich auch die Gewichte der beyden Quecksilbersäulen (§. 34).

Sind endlich sowohl die Flächen A und B, die von der elastischen Kraft der Luft gedrückt werden, als auch die Barometerhöhen bey ihnen, in der Größe von einander unterschieden: so verhält sich die Stärke der elastischen Kraft auf der Fläche A zur Stärke der elastischen Kraft auf der Fläche B, wie das Product aus der Fläche A in die Barometerhöhe bey ihr zum Producte aus der Fläche B in die Barometerhöhe bey ihr. Denn die elastischen Kräfte auf diesen Flächen sind wie die Gewichte der Quecksilbersäulen, die durch die Luftsäulen erhalten werden, durch deren Druck die elastischen Kräfte auf den Flächen A und B entstehen. Es verhalten sich aber die Gewichte der Quecksilbersäulen, wie die Producte aus den Grundflächen in die Höhen. Denn die Säulen bestehen aus einerley Materie. Die Fläche A mag ein Quadratzoll, und die Fläche B zween Quadratzoll, und die Barometerhöhe bey A 28, und bey B 27 Zoll seyn. Das Product

aus

aus 1 in 28 ist 28, und das Product aus 2 in 27 ist 54. Die elastische Kraft auf A verhält sich also zur elastischen Kraft auf B, wie 28 : 54 = 1 : $1\frac{26}{28}$ Dieses Verhältniß haben auch die Gewichte der Quecksilbersäulen. Denn da ein Cubiczoll Quecksilber 4180 Gran wiegt: so ist 28 × 4180 = 117040 und 54 × 4180 = 225720.

§. 36.

Die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf verschiednen Cirkelflächen.

Soll man den Druck der elastischen Kraft der Luft gegen eine Cirkelfläche an einem Orte, wo die Barometerhöhe bekannt ist, berechnen: so kann solches auf folgende Art geschehen. Man sucht anfänglich den Druck dieser Kraft gegen einen pariser Quadratzoll an eben dem Orte. Diesen vergleicht man hierauf mit einer Cirkelfläche, die einen pariser Zoll zum Diameter hat. Wie sich nun der Quadratzoll zur Cirkelfläche, die einen pariser Zoll zum Diameter hat, verhält: so verhält sich die Stärke der elastischen Kraft der Luft auf dem Quadratzolle zur Stärke der elastischen Kraft der Luft auf gedachter Cirkelfläche. Denn neben beyden Flächen ist einerley Barometerhöhe. Nachdem nun diese Stärke durch Hülfe der Regel Detri gefunden worden ist: so läßt sich bey ieder Cirkelfläche die Frage beantworten,

wie groß die Gewalt sey, mit welcher die Federkraft der Luft gegen dieselbe drücke, es mag nun die Barometerhöhe an ihrem Orte der Barometerhöhe an dem Orte der Cirkelfläche, deren Diameter ein Zoll ist, gleich, oder von ihr unterschieden seyn. Im ersten Falle ist die Gewalt der elastischen Kraft der Luft auf der einen Cirkelfläche zur Gewalt der elastischen Kraft der Luft auf einer andern Cirkelfläche, wie das Quadrat des Diameters der einen zum Quadrate des Diameters der andern. Denn wenn die Barometerhöhen einander gleich sind: so schätzt man das Verhältniß dieser Kräfte nach den Cirkelflächen (§. 35). Diese aber verhalten sich gegen einander, wie die Quadrate ihrer Diameter. Im andern Falle, da die Barometerhöhen von einander unterschieden sind, verhält sich die Gewalt der elastischen Kraft der Luft auf der einen Cirkelfläche zur Gewalt der elastischen Kraft der Luft auf der andern, wie das Product aus dem Quadrate des Diameters der einen Cirkelfläche in ihre Barometerhöhe zum Producte aus dem Quadrate des Diameters der andern Cirkelfläche in die Barometerhöhe bey dieser andern Cirkelfläche (S. 68). Z. E. drückt die Luft an einem Orte, wo die Barometerhöhe 28 pariser Zoll beträgt, durch ihre elastische Kraft auf eine Cirkelfläche, deren Diameter ein pariser Zoll ist: so vermag die Federkraft der Luft so viel auf ihr, als ein Gewichte von 9 Pfunden 15 Unzen und 292 $\frac{2}{7}$

Gra-

Granen, oder $91876\frac{2}{7}$ Granen. Denn die Fläche eines Quadratzolles wird an diesem Orte von der Elesticität der Luft so stark gedrückt, als wenn 12 Pfund 11 Unzen und 112 Gran, oder 117040 Gran darauf lägen (§. 34). Ein Quadratzoll ist zu einer Cirkelfläche, die einen Zoll zum Diameter hat, wie 1 zu $\frac{314}{400}$. Aber $1 : \frac{314}{400} = 117040 : 91876\frac{2}{7}$. Dergestalt wird eine Cirkelfläche, die einen pariser Schuh oder 12 pariser Zoll zum Diameter hat, an einem Orte, wo die Barometerhöhe 28 pariser Zoll ist, durch die Federkraft der Luft so stark gedrückt, als wenn eine Last von 13230144 Granen, oder 1435 Pfunden und 9 Unzen auf ihr ruheten. Denn das Quadrat von 1 ist 1, und von 12 ist 144. Demnach $1 : 144 = 91876 : 13230144$. Die elastische Kraft der Luft auf einer Cirkelfläche, die 2 Schuhe zum Diameter hat, ist 4mal so groß; auf einer andern, die 3 Schuhe zum Diameter hat, 9mal; und auf einer, die 4 Schuhe zum Diameter hat, 16mal so groß. Denn das Quadrat von 2 ist 4, von 3 ist 9, und von 4 ist 16.

Wird eine Cirkelfläche, die 4 Schuhe zum Diameter hat, an einem Orte, wo die Barometerhöhe 26 pariser Zoll ist, durch die Federkraft der Luft gedrückt: so ist dieser Druck so groß, als der Druck eines Gewichtes von 21328 Pfund und 5 Unzen 411 Granen. Denn der Druck der elastischen Kraft der Luft auf einer

ner Cirkelfläche, die einen Schuh zum Diameter hat, ist an einem Orte, wo die Barometerhöhe 28 pariser Zoll ist, so groß als der Druck eines Gewichtes von 1435 Pfunden und 9 Unzen. Dieser Druck auf dieser Cirkelfläche, wo die Barometerhöhe 28 Zoll ist, verhält sich zum Drucke auf der Cirkelfläche, die 4 Schuh zum Diameter hat, an dem Orte, wo die Barometerhöhe 26 Zoll ist, wie das Product aus dem Quadrate des einschuhigen Diameters in die Barometerhöhe 28 zum Producte aus dem Quadrate des vierschuhigen Diameters in die Barometerhöhe 26. Nun ist das erstere Product = 28 und das andere 416. Folglich ist der Druck auf der Cirkelfläche, deren Diameter 4 Schuhe hat, dem Drucke eines Gewichts von 21328 Pfunden 5 Unzen und 411 Gr. gleich Denn 28 : 416 = 1435 Pfund, 9 Unzen : 21328 Pfund, 5 Unzen, 411 Granen.

§. 37.

Erläuterung einiger von Guericken angestellten Versuche.

Hieraus läßt sich erkennen, wie die elastische Kraft der Luft zwo hohle und luftleere Halbkugeln mit so großer Gewalt zusammen drücken könne, daß viele Pferde nicht vermögend sind, dieselben von einander zu reißen. Guericke hat anfänglich zwo hohle Halbkugeln aus Kupfer machen lassen, die im Diameter

meter ¾ von einer magdeburgischen Elle waren, und platte Ränder hatten, damit eine auf die andere gelegt werden konnte. Zwischen den Rändern lag ein nasser lederner Ring, damit im Auspumpen der Luft aus den Halbkugeln nicht zwischen den Rändern neue Luft hineindringen möchte. An iegliche Halbkugel, die auswendig mit starken eisernen Rinken versehen war, wurden 8 Pferde gespannt. So stark die Pferde nach entgegengesetzten Richtungen zogen, so schwer und sauer ward es ihnen, die Halbkugeln von einander zu reißen. **Guericke** nahm hierauf zwo Halbkugeln, deren Diameter im lichten eine ganze magdeburgische Elle war, und setzte sie mit den Rändern zusammen, und ließ an iegliche 12 Pferde spannen. Diese 24 Pferde waren nicht vermögend die Halbkugeln aus einander zu bringen. Aus der horizontalen Richtung, wornach die Pferde gezogen haben, ist klar, daß die Halbkugeln nicht von der Schwere der Luft, sondern von ihrer Federkraft so gewaltig sind zusammen gedrückt worden.

Unterdessen sagt **Guericke**, es wäre solches von der Schwere der Luft geschehen, und schätzet dieselbe bey den kleinern Halbkugeln, deren Diameter ¾ einer magdeburgischen Elle gehabt hat, auf 2686 Pfund, und bey den größern auf 5399 Pfund l). Jedoch obgleich

l) In seinen Experimentis nouis Magdeburgicis de Vacuo Spatio, im 3 B. im 23 und 24 Cap.

die Gewalt, womit diese Halbkugeln zusammen gedrückt worden sind, nicht eigentlich die Schwere und das Gewichte der Luft zu nennen ist: so vermag sie doch so viel, als die Last eines Luftcylinders, dessen Diameter dem Diameter einer Halbkugel gleich ist. Denn die Elasticität der untern Luft erhält ihre Verstärkung durch die Last der auf ihr liegenden Luftsäule. Man kann also die Stärke der Elasticität der untern Luft mit dem Gewichte der auf ihr liegenden ganzen Luftsäule verwechseln.

Wenn Guericke den Hahn an der einen Halbkugel öffnete: so drang die auswendige Luft durch ihre elastische Kraft hindurch, und erfüllte beyde Halbkugeln. Bließ iemand durch ein Rohr drey oder viermal hinein: so fielen sie von einander. Hierbey spricht Guericke: man kann also mit Wahrheit sagen, dergleichen Halbkugeln, welche von 24 Pferden nicht können von einander gerissen werden, lassen sich von einem einzigen Manne von einander blasen. Die Ursache davon ist, weil die elastische Kraft der eingedrungnen Luft eben so stark ist, als die Federkraft der auswendigen, die von beyden Seiten auf die Halbkugeln drückt. Denn die inwendige hat eben die Dichtigkeit, welche die auswendige hat, mit welcher sie zuvor, da die Halbkugeln leer waren, vereiniget gewesen ist. Dieselben hatten demnach weiter keinen Zusammenhang, als

welchen der nasse lederne Ring zwischen ihren Rändern verursachte.

Daß die Luft in einem sehr kurzen Cylinder mit ihrer elastischen Kraft so stark aufwärts drückt, als in einem sehr langen und hohen durch ihre Schwere niederwärts, wenn beyde Luftcylinder gleich große Grundflächen haben, solches bestätiget der merkwürdige Versuch, welchen **Guericke** unter diejenigen rechnet m), wodurch er im Jahre 1654 dem römischen Kaiser, **Ferdinand** dem dritten, und dem römischen Könige, **Ferdinand** dem vierten, auf dem Reichstage in Regenspurg die Wahrheit seiner Erzählung von der fast unglaublichen Gewalt der Luft augenscheinlich hat beweisen müssen. **Guericke** ließ ein cylindrisches Gefäße A, wie einen Kessel, aus Kupfer machen, welches über eine Elle hoch war, und fast $\frac{3}{4}$ magdeburgische Ellen zum Diameter im lichten hatte (Tab. II. Fig. 6). Am Boden des Gefäßes auswendig war ein Stück Zinn S angelöthet, wodurch ein rundes Loch gieng; und unten an der Seite des Gefäßes war ein Hahn X befestiget. In das Gefäße war ein Stempel Q eingepaßt, der weder durch sich noch zwischen sich und den Seiten des Gefäßes Luft in dasselbe ließ. An eine starke Säule I war ein

m) Im angeführten dritten Buche im 27 Capitel.

ein eiserner Arm BW eingesetzt, welcher durch das Loch des Stückes Zinns S gieng. Ueber diesem Arme war ein anderer aus Eisen OV mit einem Loche in V, durch welches die am Stempel Q befestigte Stange PV gesteckt war. Diese zween Aerme hielten Gefäß und Stange in ihrer verticalen Stellung, daß der Stempel bis an den hervorragenden Theil Q gerade in die Höhe gezogen und niedergestoßen werden konnte. Ueber die Rolle H gieng ein starkes Seil, welches an beyden Enden eiserne Haken hatte, davon der eine durch das Loch F an der Stange PV gesteckt war, und an dem andern Stricke gebunden waren, woran 20 bis 50 Männer ziehen konnten. An den Hahn X ward eine hole Kugel von Glase, die gleichfalls einen Hahn hatte, und von Luft leer war, mit solcher Festigkeit geschraubt, daß zwischen ihrem Hahne keine Luft von außen in das cylindrische Gefäße dringen, auch keine aus ihm heraus kommen konnte. Da nun der Stempel oben in das luftvolle Gefäße A eingesetzt war, und über dasselbe bis an den eisernen Arm OV hervorragte, und die Männer an den Stricken zogen: so wurden an dem Gefäße A und an der gläsernen Kugel, die ein Mann hielt, die Hähne aufgeschlossen. Den Augenblick fuhr die Luft aus dem Gefäße in die Kugel, und der Stempel Q fuhr bis auf den Boden des Gefäßes, und die Männer waren nicht vermögend, ihn durch ihr Ziehen zurück

zu halten. Die auf den Stempel auswendig drückende Luftsäule war 2686 Pfund schwer. Durch diese Last der Luft ward also der Stempel in das Gefäße getrieben, sobald die Luft aus ihm in die luftleere Glaskugel fuhr. So lange diese Luft im küpfernen Gefäße war: so blieb der Stempel oben, und konnte von dem Gewichte der auf ihm ruhenden Luftsäule nicht hinunter getrieben werden. Dergestalt war die elastische Kraft der kurzen Luftsäule im Gefäße so stark, als die Schwere der langen Luftsäule, die sich von der auswendigen Fläche des Stempels bis an die Grenzen der Erdluft den Himmel hindurch erstreckte.

Hätte Guericke das cylindrische Gefäße umgekehrt (Tab.II. Fig.7.) und es mit dem Boden an dem obern Arme befestiget, und die mit dem Stempel niederwärs gekehrte Stange beweglich gelassen, und durch das Loch derselben den Haken des Seils gesteckt, und das Seil über zwo unten fest gemachte Rollen G gezogen, und über die obere G geführet, und die Männer vermittelst dieses Seiles die niederwärts stehende Stange halten lassen; indem man den Hahn an dem cylindrischen Gefäße und den Hahn an der angeschraubten Glaskugel hätte eröffnen wollen: so würde augenblicklich, bey dem Herausfahren der Luft aus dem Gefäße in die Kugel, der Stempel durch die Elasticität der untern Luft in das Gefäße ge-

trie-

trieben worden seyn, und die am andern Ende des Seils ziehenden Männer fortgerissen haben.

Das zweyte Hauptstück.

Von der zunehmenden Elasticität der Luft, wenn sie zusammengedrückt wird.

§. 38.

Das Zunehmen nach dem Verhältnisse der zusammendrückenden Kräfte.

So bald eine bestimmte Menge Luft aus dem Raume, in welchen sie durch eine äußerliche Gewalt zusammengedrückt ist, durch eine größere in einen engern Raum gebracht wird, so ist ihre Elasticität der drückenden Gewalt gleich. Die Elasticität der Luft, welche durch eine äußerliche Gewalt in einen gewissen Raum gebracht ist, verhält sich demnach zur Elasticität eben dieser Luft, in dem Zustande, da sie von einer größern Gewalt in einen engern Raum zusammengedrückt wird, wie die kleinere Gewalt zur größern.

§. 39.

Das Zunehmen in dem umgekehrten Verhältnisse der Räume.

Weil der Raum, in welchen eine bestimmte Menge Luft durch eine größere Gewalt zusammengedrückt wird, enger ist, als der Raum, welchen sie einnimmt, wenn sie von einer kleinern Gewalt gedrückt wird: so entstehet die Frage, ob sich die schwächere Elasticität der Luft im weitern Raume zur stärkern Elasticität eben dieser Luft im engern Raume verhalte, wie umgekehrt der engere Raum zum weitern? Diese Frage würde sich mit ja beantworten lassen, wenn man durch Versuche hinlänglich zeigen könnte, daß sich auch in sehr starken Zusammendrückungen der engere Raum zum weitern verhielte, wie umgekehrt die kleinere Gewalt, wodurch die Luft im weitern Raume gedrückt wird, zum größern, wodurch die Luft in den engern zusammengedrückt wird. Denn die schwächere Elasticität im weitern Raume ist zur stärkern im engern, wie die kleinere Gewalt zur größern (§. 38). Wäre nun die kleinere Gewalt zur größern allemal, wie der kleinere Raum zum größern: so wäre auch die schwächere Elasticität zur stärkern allemal, wie der kleinere Raum zum größern.

§. 40.

Das Zunehmen nach dem ordentlichen Verhältnisse der Zusammendrückungen.

Aus den Versuchen, welche zeigen, daß die verschiednen Räume, in welche einerley Luft zusammengedrückt worden ist, im verkehrten Verhältniß der drückenden Kräfte sind, erhellet zugleich, daß die Elasticität der Luft in einer kleinern Zusammendrückung sich zur Elasticität eben dieser Luft in einer größern Zusammendrückung ordentlich verhalte, wie die kleinere Zusammendrückung zur größern. Durch die **Zusammendrückung der Luft** wird die Verdichtung verstanden, die eine bestimmte Menge Luft erhält, wenn sie durch eine drückende Kraft aus einem gewissen Raume in einen engern gebracht wird. Je mehr man die Last auf einer abgemeßnen Menge Luft, oder die auf sie drückende Kraft, verstärkt, desto größer wird die Zusammendrückung dieser Luft. Es ist aber diese stärker zusammengedrückte Luft durch ihre nunmehr verstärkte Elasticität vermögend, der verstärkten Last so gut zu widerstehen, als sie zuvor in einer schwächern Zusammendrückung einer schwächern Last widerstanden hat. Hieraus erkennt man, daß die Elasticität der Luft dergestalt gewachsen sey, wie ihre Zusammendrückung vermehret worden ist.

§. 41.

Beschreibung einiger Versuche.

Boyle n) und Mariotte o) haben sich im vorigen Jahrhunderte zuerst bemühet, durch Versuche zu erforschen, wie die Zusammendrückung und mit ihr die Elasticität der Luft wachse, wenn eine abgemeßne Menge aus einem bestimmten Raume in einen engern gebracht, und die drückende Kraft oder Last, wodurch solches geschiehet, nach und nach verstärket wird; und wie sich die kleiner werdenden Räume in Absicht auf die verschiednen Lasten untereinander verhalten. Beyde Naturforscher haben zu dieser Untersuchung Quecksilber in gläserne Röhren gegossen, und durch Vermehrung der Quecksilberlast die Luft in den Röhren stafelweise zusammen gedrückt. Eine solche Röhre (Tab. II. Fig. 8.) war gekrümmt, und hatte zween Schenkel, die lothrecht gestellet waren: einen kurzen AB, welcher oben zugeschmelzt war; und einen langen CD, in welchen man das Quecksilber gießen konnte. Der lange

n) In seiner Defensione Doctrinae de Elatere & Grauitate Aëris aduersus Obiectiones *Francisci Lini*, Cap. V.

o) Essay sur la Nature de l'Air p. 151. sqq. Traité du Mouvement des Eaux, 2 Partie 2 Discours p. 381.

lange Schenkel in Boylens Röhre ist über 100, und in Mariottens Röhre in die 96 Zoll gewesen. Man hat anfänglich blos den gemeinschaftlichen Gang zwischen den beyden Schenkeln BC mit Quecksilber gefüllt, und dadurch die Luft in dem kurzen Schenkel, die mit der Luft im langen einerley Dichtigkeit hatte, verschlossen, iedoch ohne sie zusammen zu drücken. Hierauf hat man in den langen Schenkel etwas Quecksilber gegossen, und Achtung gegeben, wie weit die Luft im kurzen Schenkel durch das hineindringende Quecksilber zusammen gedrücket worden ist. Man hat aber auch die Höhe des Quecksilbers in der langen Röhre beobachtet. Man hat abermal Quecksilber in den langen Schenkel gegossen. Man hat gesehen, wie die Luft im kurzen Schenkel in einen noch engern Raum zusammen gedrücket worden ist, und dabey wiederum die Höhe des Quecksilbers im langen Schenkel bemerket. Man hat alle Höhen des Quecksilbers, die von Zeit zu Zeit durch das Eingießen entstanden sind, mit den Luftcylindern, die im kurzen Schenkel immer kürzer geworden sind, iemehr sich die Quecksilberhöhen im langen vermehret haben, verglichen; und immer gefunden, daß die Zusammendrückungen der Luft im kurzen Schenkel, wie die vermehrten Lasten des Quecksilbers im langen zugenommen hatten. Ich will mehrerer Deutlichkeit wegen Mariottens Versuch besonders beschreiben, und zur Bestätigung der Wahrheit,

heit, die er und Boyle entdeckt haben, einen Versuch beyfügen, welchen ich mit einer Quecksilbersäule 194 Zoll hoch angestellet habe.

Mariottens Versuch.

(Tab. II. Fig. 8.)

Mariotte goß in den langen Schenkel CD Quecksilber, bis es im kurzen AB, dessen Länge 12 pariser Zoll hatte, 4 Zoll hoch stand. Die Luft im kurzen Schenkel war also aus einem cylindrischen Raume von 12 Zollen in der Höhe in einen Raum von 8 Zollen in der Höhe gebracht worden. Im langen Schenkel stund es 18 Zoll hoch, und folglich 14 Zoll über die Höhe des Quecksilbers im kurzen. Als beyde Schenkel von Quecksilber leer waren: so ward die Luft im kurzen durch das Gewichte der bloßen Luftsäule zusammen gedrückt, welches dem Gewichte einer 28 Zoll hohen Quecksilbersäule gleich war, die mit den Luftsäulen in beyden Schenkeln einerley Grundfläche hatte. Nun aber, da in beyden Schenkeln Quecksilber war, und das Quecksilber im langen 14 Zoll über die Höhe des Quecksilbers im kurzen stand, ward die Luft in diesem kurzen Schenkel von einer Last gedrückt, welche dem Gewichte einer Quecksilbersäule gleich war, deren Höhe 28 und 14 und folglich 42 Zoll hoch ist, und mit der Luftsäule im langen Schenkel einerley Grundfläche

hat. Mariotte goß mehr Queckſilber in den längern Schenkel, bis es in demſelben 34 Zoll hoch ſtand. In dem kurzen Schenkel war die Höhe des Queckſilbers 6 Zoll. Ziehet man dieſe 6 Zoll von 34 Zollen ab: ſo erhellet, daß das Queckſilber im langen Schenkel 28 Zoll über die Höhe des Queckſilbers im kurzen geſtanden hat. Die Luft im kurzen Schenkel iſt demnach aus einem 12 Zoll hohen Raume in einen 6 Zoll hohen gebracht, und durch eine Laſt zuſammen gedrückt worden, die dem Gewichte einer zweymal 28 oder 56 Zoll hohen Queckſilberſäule gleich war. Endlich goß Mariotte zum drittenmale Queckſilber in den langen Schenkel bis auf die Höhe von 93 Zollen. Da ſtand das Queckſilber im kurzen Schenkel 9 Zoll hoch. Ziehet man dieſe 9 Zoll von 93 Zollen ab: ſo bleiben für die Höhe des Queckſilbers im langen Schenkel über die Höhe des Queckſilbers im kurzen 84 Zoll. Dergeſtalt iſt das Queckſilber im kurzen Schenkel aus einem 12 Zoll hohen Raume in einen kürzern von 3 Zollen gebracht, und durch eine Laſt zuſammen gedrückt worden, womit eine Queckſilberſäule drückt, die mit beyden Aermen einerley Grundfläche hat, und 112 Zoll hoch iſt. Denn außer dem 84 Zoll hohen Queckſilber drückte annoch die auf dieſem Queckſilber ruhende Luftſäule, die ſich mit einer 28 Zoll hohen Queckſilberſäule vertauſchen läßt. Dieſe 28 Zoll mit den 84 machen 112.

Die Erläuterung der obigen Verhältnisse.

Hieraus erhellet die Wahrheit der obigen Sätze (§. 39 und 40), woraus sich das Verhältniß der elastischen Kräfte der Luft erklären läßt, wenn einerley Menge derselben in verschiednen Räumen eingeschlossen, und folglich verschiedentlich zusammen gedrückt ist. In Betrachtung der Räume hieß es: ist einerley Menge Luft in verschiedne Räume eingeschlossen; so ist die Elasticität der Luft im weitern Raume zur Elasticität der Luft im engern, wie umgekehrt der engere Raum zum weitern. Zum Beweise dieses Verhältnisses wurden folgende zween Sätze gebraucht: die schwächere Elasticität der Luft, die in einem weitern Raume von einer schwächern Kraft gedrückt wird, ist zur stärkern Elasticität eben dieser Luft, die in einem engern Raume von einer stärkern Kraft gedrückt wird, wie die schwächere Kraft zur stärkern; die schwächere Kraft, wodurch die Luft in einem weitern Raume gedrückt wird, ist zur stärkern, wodurch eben diese Luft in einem engern Raume gedrückt wird, wie umgekehrt der engere Raum zum weitern. Der erstere Satz war vorher bewiesen worden (§. 38). Die Wahrheit des letztern zeiget der Mariottische Versuch. Denn die Quecksilberhöhen 28, 42, 56, 112 im langen Schenkel CD stellen die Lasten und drückenden Kräfte, und die Luftcylinder 12, 8, 6, 3 in dem kurzen Schen-

kel AB die Räume vor, in welchen die eingeschloßne Luft gedrückt wird.

Nun ist 28 : 42 = 8 : 12
28 : 56 = 6 : 12
28 : 112 = 3 : 12

Denn die Luft im weitern Raume wird von der schwächern Kraft in der kürzern Höhe, und die Luft im engern Raume wird von der stärkern Kraft in der längern Höhe gedrückt.

Hieraus ist klar, daß sich die Zusammendrückungen der Luft gegen einander wie die Lasten und drückenden Kräfte verhalten. Denn wie die Lasten und drückenden Kräfte sich umgekehrt wie die Räume gegen einander verhalten: so verhalten sich auch die Zusammendrückungen umgekehrt wie die Räume gegen einander. Also sind die Verhältnisse, als das Verhältniß der drückenden Kräfte und das Verhältniß der Zusammendrückungen, dem umgekehrten Verhältnisse der Räume ähnlich. Sind aber zwey Verhältnisse einem dritten ähnlich: so sind sie einander selber ähnlich. Es verhalten sich aber die Zusammendrückungen der Luft in ungleichen Räumen deßwegen umgekehrt gegen einander wie die Räume, weil die Zusammendrückung im weitern Raume kleiner ist, als die Zusammendrückung eben dieser Luft im engern Raume. Um so viel der engere Raum kleiner ist, als der weitere, um so viel ist die Zusammen-

mendrückung im weitern Raume kleiner, als die Zusammendrückung im engern. Also ist die kleinere Zusammendrückung der Luft im kurzen Schenkel im Raume 12 zur Zusammendrückung eben dieser Luft im Raume 8 umgekehrt wie 8 zu 12. Es ist aber 8 : 12 = 28 : 42. Nun stellt 28 die drückende Kraft vor, wodurch die Zusammendrückung im Raume 12 entstehet, und 42 zeigt die drückende Kraft an, wodurch die Zusammendrückung im Raume 8 gemacht wird. Also verhält sich die Zusammendrückung im Raume 12 zur Zusammendrückung im Raume 8, wie die drückende Kraft 28 zur drückenden Kraft 42.

Weil sich die Zusammendrückungen gegen einander wie die Lasten und drückenden Kräfte verhalten: so folgt, daß sich die Elasticität einer wenigern zusammengedrückten Luft in einem weitern Raume zur Elasticität eben dieser aber mehr zusammengedrückten Luft in einem engern Raume verhalte, wie die kleinere Zusammendrückung im weitern Raume zur größern Zusammendrückung im engern. Denn die Elasticitäten der von verschiednen Kräften zusammengedrückten Luft verhalten sich wie die drückenden Kräfte. Also sind die Verhältnisse, als das Verhältniß der Zusammendrückungen und das Verhältniß der Elasticitäten, dem Verhältnisse der drückenden Kräfte ähnlich. Folglich müssen sie einander selber ähnlich seyn.

Der wiederholte Versuch.

In der Absicht, das Verhältniß zwischen den Quecksilberhöhen in dem langen Schenkel (Tab. III. Fig. 1) und den Räumen, in welche die Luft im kurzen Schenkel durch den Druck des Quecksilbers gebracht wird, durch eigne Erfahrung zu erkennen, habe ich Boylens und Mariottens Versuch mit einer Röhre, in deren langen Schenkel ich so viel Quecksilber gießen konnte, daß es sieben Barometerhöhen über das Quecksilber im kurzen Schenkel erhaben war, im ietzigen 1765 Jahre am 26 Januar, da die Barometerhöhe in Leipzig 27 pariser Zoll, 8 Linien und 8½ Zehntheil ausmachte, wiederholet. Die Gelegenheit dazu haben Se. Hochwohlgebohrnen Herr **Adolph Traugott von Gersdorf**, Herr auf Meffersdorf in der Oberlausitz, und Herr **Benjamin Friedrich Köhler**, gegeben, die, nach Vollendung der gewöhnlichen academischen Studien, mit Eifer und Vergnügen bemühet sind, ihre in der Physic erlangte Kenntniß durch die Untersuchungen zu erweitern, welche **Hermann Börhaave** über die Eigenschaften und Kräfte des Feuers, der Luft, des Wassers und der Erde angestellet, und im ersten Theile seiner Chimie beschrieben hat. Die aus zween Schenkeln AB und CD bestehende gläserne Röhre war aus 6 Röhren zusammen gesetzt, welche in meßingne Hülsen eingeküttet,

und durch Hülfe derselben ineinander geschraubet waren. Damit sie in lothrechter Linie übereinander stehen möchten, so war ein Bret in dieser Stellung aufgerichtet, welches durch eine Treppe aus dem zweyten Stockwerke in das dritte gieng, und an einem Geländer der Treppe wohl befestiget war. An diesem Brete waren die Glasröhren übereinander geschraubt, und mit durchgesteckten eisernen Drähtern fest gemacht. Weil die Länge der Röhren über das Ende des Bretes weggieng, und die Decke des dritten Stockwerks für sie zu niedrig war: so ward durch die Decke ein Loch gebohrt, und die oberste Röhre hindurch gesteckt. Bey allen diesen Röhren hatte man mit Fleiß darauf gesehen, daß man bey keiner in der Weite einen Unterscheid merken konnte. Die Wahl derselben, ihre Einrichtung, Zusammensetzung und lothrechte Stellung hat mir der leipziger Universitätsmechanicus und Opticus, Herr **Christian Friedrich Ernst Reinthaler**, besorget. Bey dem Füllen, und der Bemerkung der Höhen des Quecksilbers in beyden Schenkeln hat Herr **Johann Gottlieb Riedel**, welcher sich durch Fleiß und Nachdenken in der Physic und Mathematic eine deutliche und nützliche Kenntniß erworben, und in der practischen Mathematic Unterricht giebet, hülfliche Hand geleistet, und mit möglicher Aufmerksamkeit dahin gesehen, daß in der Bemerkung der Höhen kein Fehler vorgehen

möchte. Auch nahmen der Herr von Gersdorf und Herr Köhler alle Umstände in Augenschein, weil sie die Absicht hatten, zu erfahren, ob die Verhältnisse der Quecksilbersäulen im langen Schenkel und die Lufträume im kurzen nach der Mariottischen Regel eintreffen würden. Es hat uns aber auch dieser Versuch vom Anfange bis zum Ende gelehret, wie nöthig es sey, daß verschiedne Personen, die im Beobachten Wissenschaft und Uebung haben, auf die Mannigfaltigkeit der Umstände Achtung geben und ihre Aufmerksamkeit unter einander theilen, und bey ihren Wahrnehmungen einander zuruffen und Erinnerungen geben. Boyle sagt p), bey diesem Versuche fände sich mehr Schwierigkeit, als man dächte, weil es nicht so leicht wäre, gekrümte Röhren zu haben, wie sie sich zur Sache schickten, und man viel Aufmerksamkeit anwenden müßte, wenn man den Ort, wo das Quecksilber wirklich stünde, erkennen wollte, da sich seine Fläche in der Mitte erhübe. Was nun den Erfolg unseres Versuches betrifft: so haben wir zwischen den Räumen, worein die Luft im kurzen Schenkel durch verschiedne Quecksilbersäulen nach und nach zusammen gedrückt ward, eben das Verhältniß wahrgenommen, was Boyle und Mariotte in ihren Versuchen beobachtet haben. Indem das Quecksilber in dem

p) In dem oben (§. 41) angeführten Orte.

dem gemeinschaftlichen Gange CD zwischen dem langen und kurzen Schenkel an beyden Schenkeln gleich hoch stand: so ließ ich Herrn Reinthaler auf das in diesem Gange befindliche Quecksilber am langen Schenkel bey D Quecksilber nachgießen. Solches aber geschahe nur allmählich, damit ich im kurzen Schenkel die Höhe des steigenden Quecksilbers desto genauer beobachten konnte. Ich ließ so lange gießen, bis das Quecksilber die Hälfte des kurzen Schenkels CE einnahm. Herr Riedel bemerkte den Ort des Quecksilbers im langen Schenkel. Und man fand, daß seine Höhe über die Höhe des Quecksilbers im kurzen Schenkel der Barometerhöhe gleich war. Weil die Gewalt der Luftsäule, welche auf das Quecksilber im langen Schenkel drückte, dem Gewichte des Quecksilbers in demselben von dem Orte an gerechnet, wo es mit dem Quecksilber im kurzen Schenkel einerley Höhe hatte, gleich war: so ward die Luft über dem Quecksilber, welches die Hälfte des kurzen Schenkels CE einnahm, von einer Last gedrückt, die sich zur Last, womit die Luft im kurzen Schenkel von der bloßen Luftsäule gedrückt wurde, da sie den ganzen Schenkel einnahm, wie 2 zu 1 verhielt. Eben so verhält sich umgekehrt der Raum CD, in welchem die Luft von der alleinigen Luftsäule gedrückt ward, zum halben Raume DE, in welchen die Luft durch den Druck der Luftsäule und der ihr gleichwichtigen

Barometerhöhe gebracht worden war. Nunmehro ließ ich in dem langen Schenkel auf das Quecksilber von Zeit zu Zeit mehreres gießen, bis ich im kurzen Schenkel merkte, daß das in demselben steigende Quecksilber die Hälfte von der vorigen Hälfte, und also die Hälfte EF einnahm. Ueber diese Höhe stand das Quecksilber im langen Schenkel drey Barometerhöhen hoch. Die drückende Kraft in dem langen Schenkel bestand also aus der Last dreyer Barometerhöhen und dem Gewichte der ganzen drückenden Luftsäule, oder aus der Last vier Barometerhöhen oder vier Luftsäulen, und war folglich zur drückenden Kraft der alleinigen Luftsäule, da weder im langen noch im kurzen Schenkel Quecksilber war, wie 4 zu 1. Gleichergestalt verhält sich im kurzen Schenkel der Raum CD, welchen die Luft erfüllte, da sie von der einzigen Luftsäule und folglich von einer einfachen Last gedrückt wurde, zum Raume FD, in welchen die Luft durch eine vierfache Last, nemlich der Last der Luftsäule und des Quecksilbers in der dreyfachen Barometerhöhe zusammen gedrückt wurde. Denn die Hälfte der Hälfte eines Ganzen ist $\frac{1}{4}$ desselben. Ich ließ von neuem Quecksilber in den langen Schenkel gießen, bis ich endlich im kurzen Schenkel sahe, daß der vorige Luftraum FD, welcher $\frac{1}{4}$ vom Luftraume CD war, durch das steigende Quecksilber auf die Hälfte GD abgenommen hatte. Die Hälfte von $\frac{1}{4}$ eines Ganzen ist $\frac{1}{8}$ desselben. Dergestalt

gestalt war der Raum CD, in welchem die Luft von der alleinigen Luftsäule gedrückt wurde, zum ietzigen Raume GD, in welchen die Luft zusammengedrückt ward, da man über die vorigen drey Barometerhöhen Quecksilber in den langen Schenkel goß, wie 8 zu 1. Da man nun von der Höhe FF an gerechnet, welche das Quecksilber in beyden Schenkeln hatte, die übrige Höhe des Quecksilbers maaß: so bestand dieselbe aus sieben Barometerhöhen. Also war die Last derselben mit der Last der Luftsäule zur Last der alleinigen Luftsäule wie 8 zu 1. Dergestalt war die Kraft, wodurch die Luft in den Raum GD gebracht worden war, zur Kraft, womit die Luft im Raume CD gedrückt ward, wie umgekehrt der Raum CD zum Raume GD.

Die Höhe des kurzen Schenkels CD hatte im lichten 5 pariser Zoll und $2\frac{4}{10}$ Linien. Also war die Hälfte CE = 2 Zoll, $7\frac{1}{10}$ Linien, das Viertheil FD = 1 Zoll, $3\frac{6}{10}$ Linien, das Achttheil GD = 0 Zoll, $7\frac{8}{10}$ Linien. Da das Quecksilber, wodurch die Luft in dem kurzen Schenkel in den Raum GD, als den achten Theil des Raums CD war zusammen gedrückt worden, in dem langen Schenkel sieben Barometerhöhen hatte: so war es also über die Höhe GG, an welcher das Quecksilber in beyden Schenkeln stand, siebenmal 27 Zoll, 8 Linien und $8\frac{1}{2}$ Zehntheil, das ist zusammen 194 Zoll, 1 Linie, $5\frac{1}{2}$ Zehntheil erhaben.

Eine

Eine große Schwierigkeit bey Bemerkung der Quecksilberhöhen verursachet, wie Boyle erinnert hat, die Bewegung des Quecksilbers, wodurch es auf der obern Fläche einer Säule gegen die Mitte eine Erhabenheit bekömmt, wenn es höher steigen will. Dergestalt kann man in der Bezeichnung der wahren Höhe gar leicht einen Fehler begehen. Auch kann in der Vergleichung der Lufträume im kurzen Schenkel und der Höhen der Quecksilbersäulen im langen Schenkel ein Irrthum vorgehen, wenn die Barometerhöhe, die man beym Anfange des Versuches bemerket hat, die Zeit des Versuches hindurch verändert wird, und also entweder zu = oder abnimmt. Unterdessen aber macht doch dieses alles bey den Höhen der Röhren von 100 und 194 Zollen in dem Verhältnisse zwischen den Lufträumen in dem kurzen Schenkel und den drückenden Lasten im langen keinen merklichen Unterscheid.

§. 42.

Wie weit sich die elastische Kraft der Luft durch Kunst im Zusammendrücken zur Zeit habe verstärken lassen.

Aus dem, was bisher (§. 38=41) von den Verhältnissen gesagt worden ist, in welchen die Elasticität der Luft, in welcher wir leben, durch Zusammendrücken zunimmt, erhellet, daß man bey der Frage, wie stark die elastische Kraft einer

einer zusammengedrückten Luft sey, entweder zu untersuchen habe, wie klein der Raum sey, in welchen ein Theil der Erdluft, die in unsere Lunge gehet, zusammengedrückt worden ist, und wie er sich zum Raume, welchen er zuvor eingenommen hat, verhalte; oder wie stark die Kraft sey, wodurch er in einen engern Raum ist gebracht worden; oder wie groß seine Zusammendrückung sey, und wie viel er also an Dichtigkeit zugenommen habe.

Die Luft in dem kurzen Schenkel der Röhre, deren zweyter Schenkel sieben Barometerhöhen faßte, war durch die Last des Quecksilbers in denselben und der auf ihm ruhenden Luftsäule in einen Raum zusammen gedrückt worden, welcher achtmal enger war, als der Raum, welchen sie im kurzen Schenkel erfüllte, da sie von der alleinigen Luftsäule gedrückt wurde (S. 93). Der Diameter der Schenkel war 2 pariser Linien. Dergestalt wog die Luftsäule, welche damals, da der Versuch gemacht wurde, so schwer war, als eine 27 Zoll, 8 Linien und 8½ Zehntheil hohe Barometersäule, deren Diameter gleichfalls zwo Linien ist, 4 Unzen und 224 Gran (§. 34. u. 35). So groß war also die elastische Kraft, mit welcher die durch den kurzen Schenkel ausgebreitete Luft dem Drucke der Luftsäule widerstand. Nachdem sie aber in dem achtmal engern Raum achtmal mehr zusammen gedrückt war: so war

ihre

ihre elastische Kraft achtmal stärker, und vermochte so viel als das Gewichte der Luftsäule und des Quecksilbers in den sieben Barometerhöhen, welches 2 Pfund, 3 Unzen, 64 Gran macht.

In den Memoiren der parisischen Academie der Wissenschaften auf das Jahr 1736 in den Beobachtungen aus der allgemeinen Physic wird gesagt, daß man die Luft, in welcher wir Athem holen, nur in einen 32mal engern Raum zusammen drücken könne. Hartsoecker aber ist der Meynung, sie könne in einen 60mal engern Raum gebracht werden. Und Regnault hält dafür, in einer Windbüchse könne sie dergestalt zusammengedrückt werden, daß ihr Raum sich gegen den erstern wie 1 zu 100 verhalte q). Amontons schreibt in den parisischen Memoiren auf das Jahr 1703, man erzähle in der Bibliotheque universelle, daß vermöge der Versuche, die in London und in der Academie zu Florenz wären angestellet worden, keine Kraft fähig sey, die Luft bey uns in einen 800mal engern Raum zu bringen. Er setzt aber hinzu, es würde nicht angezeigt, wie diese Versuche wären gemacht worden. Nach des tübingischen Prof. Krafts Urtheile r) hat niemand die Luft stärker zusammen

q) George Wolfgang Kraft in seinen Praelectionibus in Physicam Theoreticam, §. 410.

r) Am erst angeführten Orte.

men gedrückt, als der Engeländer, D. Stephan Hales s), dessen zween Versuche sehr merkwürdig sind t).

Die Zusammendrückung der Luft in einen 38mal engern Raum u).

Hales nahm eine gläserne Röhre, die an dem einen Ende zugeschmolzen war. Ihre Höhlung war $4\frac{66}{100}$ Zoll lang, und ihr Diameter

s) Hales ist Pfarrer zu Teddington, und Cabinetsprediger der Princeßinn von Wallis, und Mitglied der königl. Societät der Wissenschaften in London gewesen, und im Jahre 1761 den 4 Januar im 83sten Jahre seines Alters gestorben. Er hat der Ehre, Bischoff zu werden, ein ruhiges Leben vorgezogen, damit er zum Studieren, in welchem er unersättlich war, mehr Zeit haben möchte.

t) Hales hat sie in seiner Static der Gewächse beschrieben. Diese Static bestehet aus Versuchen, die er mit dem Safte in Pflanzen und ihrem Wachsthume angestellet hat. Der deutschen Uebersetzung, welche der Freyherr von Wolf mit einer Vorrede begleitet hat, sind des Herrn von Buffon Erläuterungen aus seiner französischen Ausgabe beygefügt.

u) In dem Anhange, worinnen mancherley Anmerkungen und mehrere Erfahrungen erzählt werden, welche sich auf die vorhergehenden beziehen. In der 7 Erfahrung S. 255.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

ter $\frac{16}{100}$ eines Zolles. Die Mündung dieser Röhre tauchte er in Quecksilber, welches auf dem Boden einer kleinen Phiole nebst ein wenig Terpentinspiritus lag, der mit Indig gefärbt war. Diese Phiole mit der Röhre legte er in eine dicke Bombe, welche voll Wasser war, und brachte die Bombe unter eine Obstpresse. In der Oeffnung der Bombe war ein gedrechselter Stöpsel von Stechpalmen (houx). Diesen trieb er durch Hülfe der zugezognen Schraube mit Gewalt in die Bombe. Das Wasser drang durch unsichtbare Löcherchen im Stöpsel heraus, ob er gleich mit Kitt von Wachs und Terpentin überzogen war. Sogleich nahm Hales die Phiole mit der Röhre aus der Bombe heraus, und fand, daß der Terpentinspiritus die Seiten in der Röhre gegen das zugeschmolzne Ende hinauf gefärbt hatte, und nur der $\frac{12}{100}$ Theil eines Zolles ungefärbt geblieben war. Dergestalt war die Luft aus dem ganzen Raume der Röhre in einen 38mal engern zusammen gedrückt worden. Denn dividiret man $4\frac{56}{100}$ durch $\frac{12}{100}$: so ist der Quotient 38.

Die Zusammendrückung der Luft in einen 3357mal engern Raum.

Am stärksten hat Hales die Luft durch die eismachende Kälte zusammen gedrückt. Er nahm die vorige Röhre, Phiole und wasservolle

volle Bombe bey starker Kälte, und legte die Bombe unter die Obstpresse, und umzog und bedeckte sie mit einer Menge zerstoßnem Eise, darinnen ein dritter Theil Salz war. Nach kurzer Zeit zersprung die Bombe durch die Kälte, und zertheilte sich von oben bis unten in drey Stücke. Inwendig war sie mit dickem Eise überzogen, ohngefehr drey Viertelzoll, welches voller Luftblasen war. Die Phiole und die Röhre waren in viele Stücken zerbrochen, die allesamt inwendig bis an die Spitze oder Höhe der Röhre mit Terpentin und Quecksilber bezeichnet waren. Beyde Enden der Röhre steckten fest im Eise, welches in der Bombe an sie angefrohren war. In der Mitte der Bombe war das Wasser nicht gefrohren. Man kann also, sagt Hales, diesen Versuch wiederholen, ohne zu besorgen, daß Röhre und Phiole bersten möchten, wenn sie mitten in der Bombe hiengen, und z. E. an einen kleinen Stock so lang als der Diameter d. Bombe gebunden wären. Wie stark nun die Luft in der Röhre zusammen gedrückt worden sey, das lässet sich, sagt Hales, finden, wenn man die Kraft ausrechnet, welche vonnöthen ist, eine Bombe zu zersprengen. Denn so groß diese Kraft ist, so groß ist die Gewalt gewesen, womit das zu Eise gewordne Wasser in seiner Bestrebung, sich nach allen Seiten auszubreiten, die Luft in der Röhre zusammen gedrückt hat. Hätte die Bombe durch Gewichte

zersprenget werden sollen: so hätte ihre Last so groß seyn müssen, als der Druck von 3357 Luftsäulen, unter welchen iegliche eine so große Grundfläche hätte, als die Fläche des größten inwendigen Cirkels der Bombe gewesen ist. Wenn dieses durch Rechnung gefunden werden soll: so hat man den Durchschnitt von der Dicke des Eisens der Bombe in Quadratzollen zu suchen; und eine Erfahrung zu Hülfe zu nehmen, welche die Last anzeigt, wodurch ein eiserner Drath, dessen Grundfläche oder Durchschnitt bekannt ist, zerrissen wird, indem ihn die Last nach der Länge ziehet. Wie sich nun eine bekannte Grundfläche, oder ein bekannter Durchschnitt eines eisernen Draths zum Durchschnitte von der Dicke des Eisens der Bombe verhält: so verhält sich die Last, welche den Drath zerreißen kann, zur Last, welche vermögend ist, die Bombe zu zersprengen, das ist, die Theile in der Dicke des Eisens voneinander zu trennen. Hales erzählet (Tab. III. Fig. 2), der inwendige Diameter der Bombe DE sey $6\frac{1}{2}$ englische Zoll, und AD die Dicke des Eisens, welche die hohle Rundung a b umgab, $1\frac{2}{10}$ Zoll gewesen. Hieraus hat Herr Riedel, dessen ich oben (S. 89) gedacht habe, folgendes gefunden, da er den Diameter des Cirkels zur Peripherie wie 7 zu 22 gerechnet hat. Der Durchschnitt von der Dicke des Eisens, welches die hohle Rundung a b umgeben hat, ist $29\frac{9}{245}$ Quadratzolle.

Dieses

Dieses zeigt sich, wenn man die Fläche des inwendigen Cirkels der Bombe DHEI von der Fläche des auswendigen AKBL abziehet. Weil der inwendige Cirkel $6\frac{1}{2}$ englischen Zoll zum Diameter hat: so ist seine Fläche $\frac{1859}{56}$ oder $33\frac{11}{56}$ Quadratzoll. Weil das Eisen $1\frac{2}{10}$ Zoll dicke gewesen ist: so hat der auswendige oder größere Cirkel AKBL $8\frac{9}{10}$ Zoll zum Diameter. Denn dieser Diameter bestehet aus dem Diameter des inwendigen Cirkels und der doppelten Dicke des Eisens AD und EB. Also ist die Fläche des größern Cirkels AKBL $62\frac{331}{1400}$ Quadratzoll gewesen. Wird von dieser Zahl die Zahl $33\frac{11}{56}$ abgezogen; so bleiben für den Durchschnitt der Dicke des Eisens $29\frac{9}{245}$ Quadratzoll.

Muschenbroek hat durch Versuche gefunden x), daß an einen eisernen Drath, dessen Diameter $\frac{1}{10}$ eines rheinischen Zolles ist, 450 amsterdammer Pfund gehenket werden müssen, wenn er der Länge nach zerreißen soll. Weil der rheinische Fuß gegen den englischen wie 139 zu 135 ist: so ist der Diameter des gedachten Draths $\frac{139}{1350}$ vom englischen Zoll, und folglich sein Durchschnitt oder seine Grundfläche $\frac{212531}{25515000}$ oder $\frac{21}{2551}$ vom Quadratzoll gewesen.

x) In Introductione ad Cohaerentiam corporum, pag. 505. Exp. 77.

Dergestalt hätte man $1587272\frac{124}{343}$ amsterdammer Pfund, oder, da sich das amsterdammer Pfund zum englischen wie 93 zu 100 verhält, $1706744\frac{45452}{95697}$ englische Pfund nöthig, wenn man die Dicke des Eisens, deren Durchschnitt $29\frac{2}{145}$ Quadratzoll war, durch eine Last hätte zerbrechen sollen. Denn $\frac{21}{2551} : 29\frac{2}{145} = 450 : 1587272\frac{124}{343}$.

Die Fläche des inwendigen Cirkels DHEI war $33\frac{11}{16}$ Quadratzoll. Das Gewichte einer Luftsäule auf einem Quadratzolle ist ohngefehr 15 englische Pfund 5 Unzen. Dergestalt würde der Druck der Luft auf die ganze Fläche des inwendigen Cirkels in die 508 Pfund und $5\frac{7}{16}$ Unzen ausmachen. Da nun 508 englische Pfund und $5\frac{7}{16}$ Unzen dem Gewichte einer Luftsäule gleich sind, deren Grundfläche so groß ist, als die Fläche des inwendigen Cirkels a b oder DHEI: so ist die Last von $1706744\frac{45452}{95697}$ Pfunden so viel als die Last von $3357\frac{98811}{203336}$ Luftsäulen. Denn $508 : 1 = 170674 \cdot \frac{45452}{95697} : 3357\frac{257743}{406669}$. Dergestalt ist die Luft in der Röhre von einer Kraft zusammen gedrückt worden, womit 3357 Luftsäulen drücken, davon iegliche eine Grundfläche hat, welche der Fläche des inwendigen Cirkels gleich ist.

Hales

Hales setzt in seiner Rechnung nur 1838, und der Herr von Büffon blos $1550\frac{1}{2}$ Luftsäulen. Dieser Unterscheid kömmt daher, weil Hales den rheinischen Fuß, der sich zum englischen, wie 139 zu 135 verhält, wie $\frac{752}{1000}$ gegen 1 rechnet; und der Herr von Büffon den Diameter des auswendigen Cirkels AKBL nur $7\frac{7}{10}$ Zoll und folglich um $1\frac{2}{10}$ zu kurz annimmt, da er nur dem einen Ende des Diameters des inwendigen Cirkels die Eisendicke $1\frac{2}{10}$ Zoll zusetzet.

Nun fragt es sich, ob dieser Versuch zeige, daß der enge Raum, worein die Luft in der Röhre durch die große Gewalt des zu Eise gewordnen Wassers gebracht worden ist, sich zum Raume, welchen sie vor dem Versuche in der ganzen Röhre eingenommen hat, wirklich wie 1 zu 3357 verhalten habe. Hales sagt zwar, daß bis an die Spitze der Röhre Merkmale vom Terpentine und Quecksilber gewesen wären. Aber er hat nicht das Maaß angegeben, wie klein er das Räumchen, welches für die Luft übrig geblieben seyn mag, gefunden habe. Er schließt nur, es sey so klein gewesen, wenn man voraus setze, daß die Luft nach dem Verhältnisse des Gewichts, welchem der Druck des Wassers gleich geschätzt wird, zusammen gedrückt worden sey.

Die verstärkte Elasticität in den Versuchen des Hales.

Nach dem ersten Versuche, in welchem Hales den Stöpsel in die wasservolle Bombe durch eine Presse getrieben hat, ist also die elastische Kraft der Luft durch das Zusammendrücken 38mal verstärket worden: und in dem andern, da die Bombe durch die Gewalt des zu Eise gewordnen Wassers ist zersprenget worden, hat die elastische Kraft der Luft eine 3357mal größere Stärke erhalten.

§ 43.

Wie stark die elastische Kraft der Luft in der Erde durch den Druck der obern werden möge.

So lange die Dichtigkeit der Luft in den Tiefen der Erde durch den zunehmenden Druck der immer länger werdenden Luftsäulen zunimmt, so lange muß auch die elastische Kraft der Luft in denselben wachsen.

Die von Amontons ausgerechneten Verdichtungen der Luft in bestimmten Tiefen.

Wie das Gewichte der Luft in verschiednen Tiefen des Erdbodens zunehme, wie stark die Luft dadurch zusammen gedrückt werde, und wo ihre Verdichtung der Dichtigkeit gewisser flüßiger Materien und fester Körper gleich sey,

darüber

darüber hat Amontons eine mühsame Untersuchung angestellet, welche in den Memoiren der parisischen Academie der Wissenschaften auf das Jahr 1703 befindlich ist. Nach der Beobachtung, welche de la Hire im Jahre 1696 den 11 Februar gemacht hat y), wiegt eine Luftsäule von 37 Toisen und 3 Schuh hoch über der Oberfläche der Erde so viel als $3\frac{1}{8}$ Linien Quecksilber, wenn sie mit dem Gewichte der Atmosphäre beschweret ist, welches damals dem Gewichte der Quecksilbersäule im Barometer 27 Zollen und $5\frac{3}{8}$ Linien gleich war. Denn im untersten Keller des Obseruatorii oder der Sternwarte in Paris stand das Quecksilber 27 Zoll $8\frac{1}{2}$ Linien hoch. Er trug das Barometer sogleich auf die oberste Höhe des hölzernen Thurms. Da stand das Quecksilber nur 27 Zoll $5\frac{3}{8}$ Linien hoch. Der Unterscheid zwischen dieser und der vorigen Höhe ist $3\frac{1}{8}$ Linien, und die Höhe vom Keller bis zum Gipfel des Thurms beträgt 37 Toisen und 3 Schuh. Weil das Gewichte der Atmosphäre, welches damals im Barometer durch die Höhe von 27 Zollen und $5\frac{3}{8}$ Linien angezeigt wurde, nicht immer einerley ist: so setzet Amontons in der Absicht, die Berechnung leichter zu machen, eine Luftsäule von 36 Toisen, die durch ein Gewichte von 28 Zoll Quecksilber zusammen gedrückt ist,

 wiege

y) Joh. Baptista du Hamel in Regiae Scientiarum Academiae Historia, pag. 397.

wiege so viel als 3 Linien Quecksilber. Wenn wir nun, sagt Amontons, mit dem Herrn de la Hire nach den Versuchen des Herrn Mariotte, die wir selber geprüfet haben, ferner annehmen, daß sich die Lufträume wie die Gewichte, womit sie beladen sind, umgekehrt verhalten: so würde das Gewichte der Luft, welche den ganzen von der Erdkugel eingenommenen Raum erfüllte, einem Cylinder Quecksilber gleich seyn, dessen Grundfläche der Fläche der Erde gleich wäre, und dessen Höhe so vielmal 3 Linien hätte, als der Raum der Erdkugel Kreise von gleicher Schwere in sich hielte, als die Schwere der 36 Toisen ist, womit de la Hire seinen Versuch gemacht hat. Nun kann aber, fährt Amontons fort, die Zahl dieser Kreise so groß seyn, daß dieser Cylinder die Größe der Erdkugel ungemein weit übersteigen müßte. Dieses lässet sich leicht beweisen. Man nehme z. E. die Dichtigkeit des Goldes, welches ohngefehr 14630mal schwerer ist, als die Luft unseres Kreises. So kann man leicht urtheilen, daß diese Luft durch eine Säule Quecksilber, die 14630mal 28 Zoll hält, das ist, 409640 Zoll beträgt, zu eben der Dichtigkeit würde gebracht werden, als das Gold. Denn in diesem Falle werden die Räume der Luft in verwechseltem oder umgekehrtem Verhältnisse der Gewichte seyn, womit sie belastet sind. Wie solches der Herr Mariotte und unsere Versuche anzeigen. Und diese 409640 Zoll werden

die

die Höhe des Barometers in dem Kreise ausdrücken, darinnen die Luft so dichte gemacht wäre, als Gold. Und die Dicke, wozu die 36 Toisen unsres Kreises gebracht wären, wird $2\frac{51632}{409640}$ Linien seyn. Das ist die Dicke eines Kreises an diesem Orte, der so schwer wäre, als der unsrige. Die Tiefe der Erde, wo die Luft so dichte seyn mag, als das Gold, schätzet Amontons 43528 Toisen: und der Raum zwischen dieser Tiefe und dem Luftkreise, der auf der Erdfläche in Paris 36 Toisen dicke ist, theilt er in 1638448 Luftkreise, davon ieglicher so schwer ist, als der Luftkreis auf der Erdfläche, welcher der erste ist und 36 Toisen Dicke hat, und von einer Last gedrückt wird, die so groß ist, als das Gewichte einer 28 Zoll hohen Queckfilbersäule. Alle diese Luftkreise sind in der Dicke von einander unterschieden. Der erste ist der dickeste, weil er von der kleinsten Last gedrückt wird. Die folgenden Luftkreise unter ihm nehmen an der Dicke immer ab, ie tiefer sie unter dem ersten sind, weil bey der Zunahme der Tiefe die Menge der drückenden Luftkreise zunimmt. Amontons hat die merkwürdigsten Verminderungen der Dicke in diesen Luftkreisen nebst ihren Tiefen und den Lasten, womit sie in denselben gedrückt werden, auf einer Tabelle angezeiget.

Der 32ste Kreis in der Tiefe von 992 Toisen, welcher von 36 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 28 Toisen dicke.

Der

Der 68ste Kreis, in der Tiefe von 1899 Toisen, welcher von 45 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 22 Toisen, 2 Schuh, 4 Zoll, $9\frac{27}{45}$ Linien dicke.

Der 136ste Kreis, in der Tiefe von 3213 Toisen, welcher von 62 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 16 Toisen, 1 Schuh, 6 Zoll, 7 Linien dicke.

Der 272ste Kreis, in der Tiefe von 5026 Toisen, welcher von 96 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 10 Toisen, 3 Schuh dicke.

Der 514ste Kreis, in der Tiefe von 7312 Toisen, welcher von 164 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 6 Toisen, 10 Zoll und $6\frac{72}{164}$ Linien dicke.

Der 1092ste Kreis, in der Tiefe von 9850 Toisen, welcher von 301 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 3 Toisen, 2 Schuh, 1 Zoll, $1\frac{112}{301}$ Linien dicke.

Der 2184ste Kreis, in der Tiefe von 12580 Toisen, welcher von 564 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 1 Toise, 4 Schuh, 6 Zoll, $5\frac{154}{574}$ Linien dicke.

Der 4368ste Kreis, in der Tiefe von 15492 Toisen, welcher von 1120 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 5 Schuh, 4 Zoll, $9\frac{672}{1120}$ Linien dicke.

Der

Der 8736ste Kreis, in der Tiefe von 18404 Toisen, welcher von 2212 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 2 Schuh, 8 Zoll, $9\frac{1596}{2212}$ Linien dicke.

Der 17472ste Kreis, in der Tiefe von 21194 Toisen, welcher von 4396 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 13 Zoll, $9\frac{1592}{4396}$ Linien dicke. In diesem Kreise ist die Schwere der Luft der Schwere des Gorkes gleich.

Der 78960ste Kreis, in der Tiefe von 28595 Toisen, welcher von 19768 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 3 Zoll, $8\frac{1120}{19768}$ Linien dicke. In diesem Kreise ist die Schwere der Luft der Schwere des Oels gleich.

Der 82208te Kreis, in der Tiefe von 28744 Toisen, welcher von 20580 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 3 Zoll, $6\frac{6552}{20580}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Wachs schwimmen.

Der 84112te Kreis, in der Tiefe von 28836 Toisen, welcher von 21056 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 3 Zoll, $5\frac{7616}{21056}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde der Wein stehen bleiben, ohne hindurch zu fallen.

Der 86128ste Kreis, in der Tiefe von 28929 Toisen, welcher von 21560 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 3 Zoll, $4\frac{8512}{21560}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Wasser von der Luft getragen werden.

Der 124880ste Kreis, in der Tiefe von 30408 Toisen, welcher von 31248 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur 2 Zoll, $3\frac{27216}{31248}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Honig schwimmen.

Der 638064ste Kreis, in der Tiefe von 39910 Toisen, welcher von 159544 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $5\frac{73192}{159544}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Zinn schwimmen.

Der 689808te Kreis, in der Tiefe von 40208 Toisen, welcher von 172480 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $5\frac{85512}{172480}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Eisen schwimmen.

Der 776048ste Kreis, in der Tiefe von 40708 Toisen, welcher von 194040 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $4\frac{24752}{194040}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Kupfer schwimmen.

Der 890960ste Kreis, in der Tiefe von 41202 Toisen, welcher von 222768 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $3\frac{202608}{222768}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Silber schwimmen.

Der 991648ste Kreis, in der Tiefe von 41551 Toisen, welcher von 247940 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $3\frac{127092}{247940}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Bley schwimmen.

Der

Der 1172528ste Kreis in der Tiefe von 42181 Toisen, welcher von 293160 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $2\frac{284592}{293160}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Quecksilber schwimmen.

Endlich der 1638448ste Kreis, in der Tiefe von 43528 Toisen, welcher von 409640 Zoll Quecksilber gedrückt wird, ist nur $2\frac{51632}{409640}$ Linien dicke. In diesem Kreise würde das Gold schwimmen.

Erläuterung der Rechnung.

Bey ieglichem Kreise sind drey Fragen zu beantworten. Die erste betrifft die durch Quecksilberhöhen angezeigte Größe der Last, wodurch die Luft zusammen gedrückt wird; die andere, die dadurch verminderte Dicke; und die dritte die Tiefe des Kreises. Weil ieglicher Luftkreis nach dem ersten an und für sich wie der erste 3 Linien Quecksilber wiegt, aber von den vorhergehenden Luftkreisen durch eine Last von so vielmal 3 Linien Quecksilber gedrückt wird, als Kreise sind, und noch über dieses die Last, die auf dem ersten Luftkreise liegt und einer Last einer Quecksilbersäule von 28 Zoll gleich ist, zu tragen hat: so findet man die Größe der Last auf ieglichem Luftkreise, wenn man die Anzahl der Kreise, unter welchen der Luftkreis ist, dessen Last man suchet, durch 3 Linien Quecksilber multipliciret, und zu dem Producte 28 Zoll Queck-

silber addiret. Z. E. der 32ste Kreis wird von einer Last gedrückt, die dem Gewichte einer 36 Zoll hohen Quecksilbersäule gleich ist. Denn 32mal 3 Linien machen 96 Linien, oder 8 Zoll. Die Summe von 8 und 28 Zollen beträgt 36 Zoll. Man nenne die Höhe der Quecksilbersäule, wodurch man die Last auf ieglichem Luftkreise ausdrückt, mit dem Buchstaben x, und die Anzahl der Kreise mit dem Buchstaben n: so läßt sich die Regel, nach welcher man die Last, oder Quecksilberhöhe, auf ieglichem Luftkreise berechnen kann, auf folgende Art vorstellen: $x = n \times 3''' + 28''$.

Die Dicke oder der Raum eines Luftkreises unter dem ersten verhält sich zur Dicke oder zum Raume des ersten, wie umgekehrt die Last, wodurch der erste gedrückt wird, zur Last, auf dem Luftkreise, dessen Dicke man suchet §. 41). Wir wollen die Quecksilberhöhe, wodurch man die Last auf einem Luftkreise, dessen Dicke man zu wissen verlangt, mit dem Buchstaben m, und die noch unbekannte Dicke des Luftkreises mit dem Buchstaben y bezeichnen. Weil die Last auf dem ersten Luftkreise allemal durch eine Quecksilberhöhe von 28 Zoll vorgestellet wird, und ihre Dicke allemal 36 Toisen ausmacht: so kann man die Regel für die Ausrechnung der gesuchten Dicke folgendergestalt ausdrücken. $m : 28'' = 36^\circ : y$. Z. E. im

68sten

68sten Kreise ist m=45″. Also ist y=22° 2′ 4″ 9$\frac{27}{45}$‴. Denn 45″: 28″=36°: 22$\frac{18}{45}$°. Nun hat eine Toise 6 Schuh, ein Schuh 12 Zoll und ein Zoll 12 Linien. Demnach sind $\frac{18}{45}$°=$\frac{108}{45}$ Schuh=2$\frac{18}{45}$′. Und $\frac{18}{45}$ Schuh sind $\frac{216}{45}$ Zoll=4$\frac{36}{45}$″. Und $\frac{36}{45}$ Zoll sind $\frac{432}{45}$ Linien =9$\frac{27}{45}$‴.

Die Tiefe eines Luftkreises unter dem ersten ist die Summe der Dicken oder Höhen der über ihm stehenden Luftkreise. Z. E. der zweyte Luftkreis ist in der Dicke 35$\frac{231}{339}$ Toisen. Denn der erste Luftkreis, von welchem er gedrückt wird, wiegt an und für sich so viel als 3 Linien Quecksilber, und wird von einem Gewichte gedrückt, welches dem Gewichte einer Quecksilberhöhe von 28 Zoll gleich ist. Also bestehet die Last, womit der zweyte Luftkreis gedrückt wird, aus einer Last einer Quecksilberhöhe von 28 Zoll, 3 Linien, das ist, 339 Linien. Der erste Luftkreis wird nur von 28 Zoll, oder 336 Linien Quecksilber gedrückt. Wie nun die Last auf dem zweyten Luftkreise sich zur Last auf dem ersten verhält: so verhält sich umgekehrt die Dicke oder Höhe des ersten Luftkreises zur Dicke des zweyten. Nun ist die Höhe oder Dicke des ersten Luftkreises 36 Toisen. Folglich ist die Dicke des zweyten 35$\frac{231}{339}$ Toisen. Denn 339: 336=36: 35$\frac{231}{339}$. Der zweye Luftkreis hat demnach zu seiner Tiefe die Höhe oder Dicke des ersten, das ist, 36 Toisen; und der

de dritte hat zu seiner Tiefe die Dicke des ersten und die Dicke des zweyten, das ist 36 und $35\frac{231}{339}$, und folglich $71\frac{231}{339}$ Toisen. Wollte man aber die Tiefe erst von dem Orte, wo der erste Luftkreis aufhört, oder am Ende der 36sten Toise zu rechnen anfangen: so wäre die Tiefe des dritten Luftkreises nur so groß, als die Dicke des zweyten, und folglich $35\frac{231}{339}$ Toisen.

§. 44.

Was bey dem Anwachse der elastischen Kraft der Luft in der Erde zu bedenken sey.

Wofern die Luft in den verschiednen Tiefen der Erde wirklich in dem Verhältnisse zusammen gedrückt wird, in welchem die drückenden Lasten der obern Luft zunehmen; und ihre Federkraft nicht durch gewisse Ursachen geschwächt wird: so muß die Gewalt dieser Kraft in den angegebnen Tiefen allerdings so groß seyn, als die Gewalt der Lasten ist, wovon die Luft in den untern Kreisen zusammen gedrückt wird (§. 38). Es ist aber bekannt, daß Feuchtigkeiten die elastische Kraft der Luft vermindern. In einem elastischen Luftkügelchen sind die Theile, woraus es bestehet, dergestalt mit einander verbunden, daß sie eine Höle einschließen, und sich gegen einander stemmen. Könnten nicht etwan die Theilchen, die ein Luftkügelchen bilden, in den großen Tiefen der Erde

durch

durch die ungeheure Last der obern Luft auseinander getrieben werden? Gesetzt aber dieses geschähe nicht: so fehlt es doch in der Erde nicht an Feuchtigkeiten, wodurch die Elasticität der Luft geschwächet werden kann. Durch den Druck wächst diese Kraft, wenn die Theilchen, deren Verbindung untereinander ein Luftkügelchen ausmacht, näher an einander gebracht werden. Nun fragt es sich, ob dieses so weit möglich sey, daß die Hölen in den Luftkügelchen so klein werden könnten, als die Hölen in den Theilen des Quecksilbers und Goldes? Leugnen kann man es nicht, wenn man die Hölen in den Luftkügelchen als leere Räumchen betrachtet. Aber da sie Wassertheilchen und andere Materien in sich fassen: so stehet es dahin, ob sich diese Körperchen entweder aus ihnen durch den Druck heraus treiben, oder sich zugleich selber in ihnen zusammen drücken lassen, bis endlich die Lufthölen so enge werden, als die unsichtbaren Hölen im Quecksilber und Golde.

* * *

Das dritte Hauptstück.

Von der zunehmenden Elasticität der Luft durch Feuer und Wärme.

§. 45.

Wenn das Feuer die Elasticität der Luft schwächt.

Wenn Feuer in eine Luftmasse dringet: so bestrebt es sich, ihre Theilchen, welche durch eine gewisse Verbindung untereinander eine Höle einschließen, auseinander zu treiben. Haben diese Theilchen die Freyheit, sich aus ihrem Raume in einen andern zu verbreiten: so wird die Federkraft der Luft verringert, das ist, die in dem Raume zurückbleibende Luft vermag mit ihrer Elasticität nicht so viel, als die ganze Luftmasse vermochte, da sie noch in diesem Raume beysammen war. Solches zeiget eine bekannte Erfahrung. Drückt man auf den auswendigen Boden eines umgekehrten metallnen Mörsels einen Teig aus Mehl, macht mitten in demselben mit einem Finger eine Grube, und gießt etwas Weingeist hinein, und zündet ihn an, und hält ein umgekehrtes Weinglas

glas darüber: so wird ein großer Theil der Luft aus seiner Höle durch die Hitze der Flamme verjagt. Denn drückt man das erhitzte Weinglas in den Teig bis auf den Boden des Mörsels, und verwahret den Rand des Glases auswendig mit dem anliegenden Teige, daß zwischen dem Rande und Mörsel keine Luft von außen hinein dringen kann: so werden Glas und Mörsel von der auswendigen Luft so stark gegen einander gedrückt, daß der Mörsel am Glase hängen bleibt, wenn man das Glas am Boden mit der Hand umfaßt und hebt. Der Mörsel fällt nicht ab, wenn er auch sechzehen und mehr Pfund wiegt. Nur muß das Glas kalt geworden seyn, damit nicht die Wärme der nunmehr eingeschloßnen Luft eine Bemühung ertheile sich auszubreiten. Fehlt diese Bemühung: so ist die elastische Kraft der verdünnten und unter dem Glase zurück gebliebnen Luft schwächer, als die elastische Kraft der Luft unter dem Mörsel und ihre Schwere auf dem Boden des Weinglases.

§. 46.

Wenn und wie das Feuer die Elasticität der Luft verstärkt.

Dringen die Feuertheilchen in eine Luftmasse, deren Raum verschlossen ist: so geben sie durch ihre Bemühungen, die Theilchen der Luft auseinander zu treiben, ihrer Elasticität

eine Verstärkung. Lässet sich die Materie, wovon die Luftmasse umschlossen wird, ausdehnen, wie z. E. eine zugebundne Blase: so siehet man, wie dieselbe nach und nach erweitert und aufgeblasen wird. Leidet sie keine weitere Ausdehnung: so zerplatzt sie endlich bey fortdaurender Hitze. Beyde Wirkungen, da die Blase eine Zeitlang einen größern Umfang bekömmt, und am Ende, wenn sie nicht größer werden kann, zerspringt, sind ein Beweis, daß die eindringenden Feuertheilchen die Theile der verschloßnen Luft auseinander zu treiben suchen, und dadurch ihre Federkraft verstärken.

§. 47.

Wie viel die Elasticität der Luft durch die Hitze des siedenden Wassers zunimmt.

Eingeschloßne Luft, welche so kalt ist als kaltes Wasser, erhält durch die Hitze des siedenden in ihrer Elasticität eine Verstärkung, welche beynahe dem dritten Theile des Gewichts gleich ist, wovon die Luft zur Zeit, da die Hitze des siedenden Wassers in sie wirkt, gedrückt wird. Dieses hat Amontons im Jahre 1702 durch Versuche entdeckt, die in den Memoiren der parisischen Academie der Wissenschaften auf das gedachte Jahr erzählet werden. Man füllt in eine gläserne Röhre ABCD (Tab. III. Fig. 3), die unten bey BC gebogen ist, und an

dem kurzen Arme CD eine große hole Kugel D hat, reines Quecksilber, welches auch in der Kugel einen Raum einnimmt. Der Raum über dem Quecksilber ist voll Luft. Die Röhre muß so enge, und die Kugel so weit seyn, daß die Luft in der Kugel über dem Quecksilber durch die Hitze des siedenden Wassers blos eine Verstärkung ihrer Elasticität erhält, und sich in keinen weitern Raum ausbreitet. Denn geschähe dieses: so würde ihre Elasticität um so viel vermindert, um so viel der Raum größer würde. Die Vermehrung des Raums würde also dem Zunehmen der Elasticitat schaden. Es ist freylich nicht möglich, daß der Raum der Luft in der Kugel um gar nichts sollte größer werden, wenn die Kugel im siedenden Wasser stehet. Denn wenn die Luft in der Kugel durch die Hitze desselben in der Federkraft verstärkt wird: so treibt sie das Quecksilber in der Röhre BA in die Höhe. Um so viel hierdurch dasselbe in der Röhre mehr Raum einnimmt, um so viel muß der Raum des Quecksilbers in der Kugel abnehmen. Um so viel muß also der Raum der Luft darüber größer werden. Man muß aber eine Kugel mit einer so großen Weite nehmen, daß die Zunahme des Raums, welchen die Luft erfüllt, unmerklich bleibt, wenn das Quecksilber in der Röhre durch die vermehrte Elasticität der Luft aufwärts getrieben wird. Im Versuche setzt man die Röhre in ein so tiefes Gefäß, daß

die Kugel unter dem Wasser stehet, und von ihm bedeckt bleibt, so lange es siedet. In der offnen Röhre AB merkt man den Ort des Quecksilbers, wenn das Wasser, worinnen es stehet, kalt ist, und giebt Achtung, wie hoch es in der Röhre steigt, wenn das Wasser zum Sieden kömmt. Ist z. E. die Barometerhöhe 27 Zoll, und die Luft in der Kugel D so dicht, als in der Röhre AB; so wird das Quecksilber in derselben ohngefehr 9 Zoll steigen, wenn die Luft in der Kugel von der Wärme des siedenden Wassers erhitzt wird. Amontons sagt, dieses geschehe nur, wenn die äußere Luft die Wärme habe, die man in Paris die gemäßigte nennet; hingegen erhalte die elastische Kraft der Luft in der Kugel durch die Hitze des siedenden Wassers eine geringere Vermehrung ihrer Stärke, wenn die Wärme der äußern Luft die Wärme der gemäßigten übersteiget; und eine größere, wenn die äußere Luft mehr kalt als gemäßigt sey. Ferner spricht er, aus dem, was er in diesen Versuchen wahrgenommen habe, könne er die Folge ziehen; daß einerley Grad der Hitze der elastischen Kraft eingeschloßner Luft eine desto größere Verstärkung gebe, ie größer das Gewichte sey, wovon die Luft gedrückt werde. Z. E. heist es, wenn in gemäßigter Witterung eine Luftmasse, die mit 30 Zoll Quecksilber, die Last der Atmosphäre mit begriffen, beladen ist, in ihrer Federkraft durch die Hitze

des

des siedenden Wassers die Gewalt bekommen hat, daß sie noch 10 Zoll Quecksilber tragen kann: so wird die Federkraft eben dieser Luftmasse durch die gedachte Hitze um 20 Zoll wachsen, wenn diese Luft von 60 Zoll Quecksilber gedrückt wird; und um 30 Zoll vermehret werden, wenn diese Luft eine Last von 90 Zoll Quecksilber zu tragen hat. Ferner ziehet Amontons aus der Erfahrung, daß eine Luftmasse, sie mag klein oder groß seyn, wenn die Dichtigkeit nur einerley sey, durch gleich große Hitze eine gleich starke Vermehrung ihrer Elasticität bekomme, noch diese Folge: daß ein kl.ines Theilchen Luft, so klein es auch sey, in seiner Federkraft durch einen sehr kleinen Grad der Hitze immer mehr wachse, je mehr und stärker es von wachsenden Lasten gedrückt werde. Amontons setzt eine Erklärung der Ursache hinzu. Seine Worte sind folgende. Ich sage: die Erfahrung hat mich gelehret, daß ungleiche Luftmassen in ihrer Federkraft durch gleiche Grade der Hitze gleich stark zunehmen, wenn sie mit gleichen Gewichten beschweret sind; und daß ihre Federkräfte, die sie erhalten, wenn einerley Grad der Hitze in sie wirkt, desto stärker werden, je größer die drückenden Gewichte seyn. Die Ursache ist diese: Entweder sind diese Luftmassen in einerley Luft, davon sie einen Theil ausmachen: oder man betrachtet sie doch als solche, die mit gleichen Gewichten belastet sind. Also ist keine

die Kugel unter dem Wasser stehet, und von ihm bedeckt bleibt, so lange es siedet. In der offnen Röhre AB merkt man den Ort des Quecksilbers, wenn das Wasser, worinnen es stehet, kalt ist, und giebt Achtung, wie hoch es in der Röhre steigt, wenn das Wasser zum Sieden kömmt. Ist z. E. die Barometerhöhe 27 Zoll, und die Luft in der Kugel D so dicht, als in der Röhre AB; so wird das Quecksilber in derselben ohngefehr 9 Zoll steigen, wenn die Luft in der Kugel von der Wärme des siedenden Wassers erhitzt wird. Amontons sagt, dieses geschehe nur, wenn die äußere Luft die Wärme habe, die man in Paris die gemäßigte nennet; hingegen erhalte die elastische Kraft der Luft in der Kugel durch die Hitze des siedenden Wassers eine geringere Vermehrung ihrer Stärke, wenn die Wärme der äußern Luft die Wärme der gemäßigten übersteiget; und eine größere, wenn die äußere Luft mehr kalt als gemäßigt sey. Ferner spricht er, aus dem, was er in diesen Versuchen wahrgenommen habe, könne er die Folge ziehen; daß einerley Grad der Hitze der elastischen Kraft eingeschloßner Luft eine desto größere Verstärkung gebe, ie größer das Gewichte sey, wovon die Luft gedrückt werde. Z. E. heist es, wenn in gemäßigter Witterung eine Luftmasse, die mit 30 Zoll Quecksilber, die Last der Atmosphäre mit begriffen, beladen ist, in ihrer Federkraft durch die Hitze

des

des siedenden Wassers die Gewalt bekommen hat, daß sie noch 10 Zoll Quecksilber tragen kann: so wird die Federkraft eben dieser Luftmasse durch die gedachte Hitze um 20 Zoll wachsen, wenn diese Luft von 60 Zoll Quecksilber gedrückt wird; und um 30 Zoll vermehret werden, wenn diese Luft eine Last von 90 Zoll Quecksilber zu tragen hat. Ferner ziehet Amontons aus der Erfahrung, daß eine Luftmasse, sie mag klein oder groß seyn, wenn die Dichtigkeit nur einerley sey, durch gleich große Hitze eine gleich starke Vermehrung ihrer Elasticität bekomme, noch diese Folge: daß ein kleines Theilchen Luft, so klein es auch sey, in seiner Federkraft durch einen sehr kleinen Grad der Hitze immer mehr wachse, ie mehr und stärker es von wachsenden Lasten gedrückt werde. Amontons setzt eine Erklärung der Ursache hinzu. Seine Worte sind folgende. Ich sage: die Erfahrung hat mich gelehret, daß ungleiche Luftmassen in ihrer Federkraft durch gleiche Grade der Hitze gleich stark zunehmen, wenn sie mit gleichen Gewichten beschweret sind; und daß ihre Federkräfte, die sie erhalten, wenn einerley Grad der Hitze in sie wirkt, desto stärker werden, ie größer die drückenden Gewichte seyn. Die Ursache ist diese: Entweder sind diese Luftmassen in einerley Luft, davon sie einen Theil ausmachen: oder man betrachtet sie doch als solche, die mit gleichen Gewichten belastet sind. Also ist keine

Ursache vorhanden, warum eine eine größere Federkraft erhalten sollte, als die andere. Denn obgleich größere Massen in dem Zustande, da sie die Freyheit hätten, sich auszudehnen, mehr Raum einnehmen würden, als die kleineren in eben diesem Zustande: so kann doch dieses nichts zu der Vermehrung ihrer Federkraft beytragen. Denn wenn ungleiche Luftmassen gleich stark beladen sind: so muß iegliche nach **Mariottens** Regel einen solchen Raum einnehmen, welcher den Massen proportionirt ist, damit sie gleiche Grade der Federkraft bekommen mögen. Wenn also im Gegentheile gleiche Massen, die ungleich beladen sind, die Freyheit haben, sich auszudehnen: so werden die Räume, in welche sie sich ausbreiten werden, zu den drückenden Gewichten ein Verhältniß haben. Wenn sie aber gehindert werden, daß sie sich nicht ausbreiten können: so müssen die Vermehrungen ihrer Federkraft nothwendig zu diesen Gewichten ein Verhältniß haben.

§. 48.

Gegenanmerkung.

Was Amontons nach seinen Versuchen von der Vermehrung der elastischen Kraft der Luft durch die Hitze des siedenden Wassers sagt, das hat de la **Hire** durch wiederholte Versuche, welche in den Memoiren der parisischen

Acade-

Academie der Wissenschaften auf das Jahr 1708 vorgetragen werden, nicht mit völliger Uebereinstimmung finden können. Amontons hat zu seinem Versuche eine sehr sinnreiche, aber schwer zu verfertigende Maschine gebraucht, vermittelst welcher er die in einer gläsernen Kugel D verschloßne Luft dergestalt zusammen gedrückt hat, daß das Quecksilber in der Röhre AB 27 Zoll über die Höhe desselben in der Kugel D stand (Tab. III. Fig. 3.). Die Luft in der Kugel ward demnach nicht nur von der Last der äußern Luft, sondern auch von dem Gewichte dieser Quecksilbersäule gedrückt. Die Kugel D mit ihrer gekrümten Röhre CB steckte Amontons in kaltes Wasser, und ließ es über dem Feuer stark kochen. Der Versuch ward vor der Academie gemacht. Man bemerkte, daß das Quecksilber bey dem Kochen des Wassers und bey aller Verstärkung des Feuers nicht höher stiege, als es beym Anfange des Kochens gestiegen war. De la Hire sagt: der Versuch gefiel mir, ich sahe aber nicht die Ursache, warum ihn Amontons mit einer Luft machte, die über den Druck der äußern Luft annoch durch 27 Zoll Quecksilber zusammen gedrückt wurde; da er nur die Absicht hatte, daraus zu schließen, daß die Luft, wie sie auf unsrer Erde befindlich ist, da sie blos von der obern gedrückt wird, durch die Hitze des siedenden Wassers ohngefähr ein Drittheil über ihren vorigen Zustand erweitert werde.

werde. Denn in allen solchen Schlüssen muß man nothwendig vieles von der Luft als bekannt und gewiß voraus setzen, da wir doch nicht sagen können, daß wir eine gnugsame Kenntniß davon hätten. Ich weis nicht, ob die ersten Versuche, die Amontons gemacht hat, ihn nicht unvermerkt veranlaßt haben, Mittel zu suchen, wie er das, was er dachte, ausführen könnte, ohne darauf Acht zu haben, daß er es auf eine einfachere, und mithin richtigere Art dahin hätte bringen können. Dieses hat den Herrn de la Hire bewogen, solche Versuche anzustellen, wodurch er erforschen könnte, wie weit sich die elastische Kraft der Luft durch die Hitze des siedenden Wassers verstärken lasse, daß sie das Quecksilber in einer gewissen Höhe erhalten könne, ohne daß man außer der Schwere der Atmosphäre eine andere Last zum Drucke nöthig habe. Er hat daher an das Ende einer gläsernen Röhre ABC, die in B gekrümmt ist, die Kugel D von zween Zollen im Durchmesser anblasen lassen (Tab. III. Fig. 4). Die Röhre ist in A offen gewesen, und ihr inwendiger Diameter hat ¾ Linie gehalten. Dergleichen Kugel und Röhren hat auch Amontons gehabt. Weil sich aber kein Quecksilber in die Röhre bringen läßt, daß nicht die Luft in der Kugel sollte zusammen gedrückt werden: so hat de la Hire auf die Kugel D eine kleine und zarte Röhre EF setzen lassen, wodurch die äußere Luft mit

der

der inwendigen in der Kugel eine Gemeinschaft hatte. Indem das Quecksilber, welches er in die Röhre ABC gegossen hatte, ohngefehr zwo Linien hoch bis in die Kugel gieng: so versiegelte er die Spitze der kleinen Röhre EF hermetisch. Da stand das Quecksilber in der Kugel und langen Röhre gleich hoch. Die Luft in der Kugel war demnach nicht mehr zusammen gedrückt, als die äußerliche. Amontons hatte es nicht dahin bringen können, daß die Luft in und außer der Kugel einerley Dichtigkeit gehabt hätte. De la Hire vermuthet daher, daß er deswegen die Luft in der Kugel mit 27 Zoll Quecksilber zusammen gedrückt habe, damit sie doppelt so dichte seyn sollte, als die äußerliche Luft. Am 11 December 1705, als De la Hire den Versuch anstellte, war die Barometerhöhe 27 Zoll, 7½ Linie, und im Thermometer war der Grad der Wärme 42. Dieses Thermometer zeigte im Keller des Obseruatorii immer 48. Und dieses nennt er den mittlern Zustand zwischen Hitze und Kälte. Das Wetter war feucht vom Südwinde. In dieser Witterung setzte er die Kugel in Wasser, und das Wasser über das Feuer. Als das Wasser am stärksten kochte, stieg das Quecksilber in der Röhre AB 8 Zoll und 5 Linien über seinen Stand in der Kugel. Die Verstärkung, welche die elastische Kraft durch die Hitze des siedenden Wassers erhielt, war demnach nicht dem dritten Theile der

Schwere der Atmosphäre gleich. Es fehlten ½ Linien daran. Denn das Drittheil von 27 Zoll, 7½ Linien ist 9 Zoll, 2½ Linie. Am 16 Februar 1706 hat de la Hire den Versuch mit der vorigen Kugel wiederholet. Die kleine Röhre EF war annoch versiegelt. Das Thermometer stand auf 38. Mithin war die Luft in der Kugel wegen der Kälte, in Betrachtung der 10 Grad größern Wärme in dem vorigen Versuche, anietzo mehr zusammen gedrückt. Das Barometer stand auf 28 Zoll, 5 Linien. Die Luftsäule wog also 9½ Linien Quecksilber mehr, als das erstemal. Aus diesen zwo Ursachen, der in einen engern Raum gebrachten Luft in der Kugel, und der größern Schwere der Luftsäule sollte demnach das Quecksilber in der Röhre AB, in welcher es gelassen worden war, gefallen seyn. Es stand auch wirklich 1 Zoll und 6 Linien tiefer, als zuvor. Deshalben öffnete er die Spitze der kleinen Röhre über der Kugel, damit die äußerliche Luft Freyheit bekäme, in das Quecksilber in der Kugel zu wirken. Das Quecksilber kam auch sogleich in der Röhre und Kugel auf einerley Höhe. Hierauf ward die kleine Röhre abermals versiegelt, und die Kugel in Wasser gesetzt. Im Sieden desselben stieg das Quecksilber in der Röhre nur 8 Zoll über die Höhe des Quecksilbers in der Kugel, und folglich 5 Linien weniger, als das erstemal.

Dem-

Demnach fehlten 14½ Linien zum dritten Theile der Schwere der Luftsäule. Es verhalten sich 8 Zoll zu 28 Zoll und 5 Linien beynahe wie 10 zu 35½, und 8 Zoll und 5 Linien zu 27 Zoll und 7½ Linien beynahe wie 10 zu 33. Diese Verhältnisse sind demnach vom Drittheil der Schwere der Luftsäule sehr entfernt. Jedoch spricht **de la Hire** bey diesem Unterscheide: **Amontons** sage nicht schlechtweg ein Drittheil, sondern nur beynahe ein Drittheil.

§. 49.

Von der Verstärkung der elastischen Kraft der Luft durch die Hitze des glüenden Eisens.

Wenn die Luft, in welcher wir Athem holen, in einem verschloßnen Raume bis auf den Grad des glüenden Eisens erhitzt wird: so wird ihre Elasticität viermal so stark, als vorher. Der Engeländer, Herr **Benjamin Robin** hat solches durch folgenden Versuch entdeckt. Er beschreibt denselben in seinen neuen Grundsätzen der Artillerie, die Herr **Leonhard Euler**, königlicher Professor in Berlin, aus dem Englischen in das Deutsche übersetzet, und mit nöthigen Erläuterungen und vielen Anmerkungen versehen hat, im 1 Capitel im 5ten Satze, S. 96=98. Er nahm ein Stück von einem Musquetenlaufe, ohngefehr 6 Zoll lang, und ließ dasselbe an

dem

dem einem Ende völlig zuschliessen, und das andere Ende spitzig ausziehen, daß die Oeffnung im Lichten nicht mehr als $\frac{1}{8}$ Zoll austrug. Diese Röhre ließ er bey einem Schmiede ganz roth glüend machen, und tauchte dieselbe abwerts gekehrt in ein Gefäß kaltes Wasser, und ließ sie darinnen völlig abkühlen. Die Hitze, welche der Röhre in der Esse gegeben ward, war derjenige Grad, welchen sie die weiße Hitze zu nennen pflegen. Damit bey dem Ablöschen der Röhre keine wäßrige Dünste hineindringen, und die darinnen noch befindliche Luft heraustreiben möchten: so steckte er zuvor, ehe er die Röhre aus dem Feuer nahm, einen eisernen Drath in dieselbe, welcher in ihre Oeffnung genau paßte, und ließ ihn so lange darinnen, bis die Abkühlung im Wasser vollendet war. Sodann zog er erst diesen Drath unter dem Wasser heraus, damit das Wasser in die Röhre gehen, und den Raum, aus welchem die Luft durch die Hitze war vertrieben worden, anfüllen konnte. Hierauf nahm er die Röhre aus dem Wasser, und wog das Wasser, welches in die Röhre getreten war, auf das genaueste. Er hat drey verschiedne Versuche nach einander angestellt. In dem ersten betrug das Gewichte des in die abgekühlte Röhre getretenen Wassers 610, im zweyten 595 und im dritten 600 Gran. Die ganze Röhre aber faßte 796 Gran Wasser. Im ersten Versuche hatte also die Röhre noch

so viel Luft behalten, als in einem Raume von 186 Gran Wasser seyn kann; im zweyten so viel, als in einen Raum gehet, welcher 201 Gran Wasser faßt; und im dritten so viel, als einem Raume statt hat, welchen 196 Gran Wasser einnehmen. Und dieses war auch ohne Zweifel die ganze Luft, welche in der Röhre die Zeit hindurch, da sie geglüet hat, geblieben ist. Ehe die Röhre in das Feuer gelegt wurde: so war die Luft in derselben so dicht und so warm, als die äußerliche, in welcher man Athem holte. Diese **Luft** mag die **natürliche** und ihre **Wärme** die **gewöhnliche** heißen. Die Elasticität der natürlichen Luft in einem verschloßnen Raume, in welchem sie von dem Grade der gewöhnlichen Wärme an bis zur Hitze des rothglüenden Eisens erhitzt ist, verhält sich demnach zur Elasticität eben derselben Luft in dem Zustande, da sie in eben demselben Raume die gewöhnliche Wärme hat, wie der ganze Innhalt der Röhre 796 zu dem von der abgekühlten Luft eingenommenen Theile, als im ersten Versuche zu 186, im zweyten zu 201, und im dritten zu 196, oder, wenn wir zwischen diesen Zahlen eine mittlere Zahl nehmen, wie 796 zu $194\frac{1}{3}$, oder beynahe wie 4 zu 1. So schließt Herr **Robins**. Der Grund dazu ist folgender. Daher, daß die in der glüenden Röhre enthaltne Luft in der Abkühlung sich durch das Wasser in den 4ten Theil des Raumes in der Röhre hat zusammen

drücken lassen, ist klar, daß die Luft zur Zeit des Glühens durch einen viermal größern Raum ist verbreitet worden. Also ist die Kraft der Hitze des glüenden Eisens viermal so groß gewesen, als die Kraft der gewöhnlichen Wärme nach der Abkühlung, und hat sich folglich zu dieser Wärme wie der ganze Raum der Röhre zum vierten Theile desselben, das ist, wie der vierfache Raum zum einfachen, oder wie 4 zu 1 verhalten. Hätte nun die Luft, die in der Abkühlung durch das Wasser in den vierten Theil der Röhre gebracht ward, denselben zur Zeit des Glühens eingenommen, und wäre in ihm verschlossen gewesen: so würde sie durch die Hitze des glühenden Eisens eine Bestrebung sich durch einen viermal größern Raum auszubreiten, und folglich eine viermal größere Bestrebung und Elasticität erhalten haben. Auch hat die natürliche Luft, die anfänglich, ehe die Röhre in die Esse gelegt wurde, ihren Raum ausfüllte, im Glühen diese Bestrebung erhalten: da sie in einen Raum ist verbreitet worden, welcher sich zu ihrem Raume in der Röhre wie 4 zu 1 verhält. Die Elasticität, welche der Luft in einem verschloßnen Raume durch die Hitze des glüenden Eisens zuwächst, ist demnach viermal größer, als die Elasticität, welche sie von der gewöhnlichen Wärme hat.

Das vierte Hauptstück.

Von der elastischen Kraft der Luft, die in den thierischen, vegetabilischen und mineralischen Körpern enthalten ist.

§. 50.

Die Mittel, wodurch der Ausgang der Luft aus den Körpern befördert wird.

Die in den flüßigen und festen Materien verborgne Luft dringet durch ihre elastische Kraft aus den Zwischenweiten und Hölen derselben, wenn der Widerstand gehoben wird, welchen die Luft duech ihre alleinige Federkraft nicht überwinden kann. Man kömmt derselben zu Hülfe, wenn man entweder die äußere Luft, wodurch die Luft in einem Körper zusammen gedrückt wird, vermittelst der Luftpumpe hinweg nimmt, oder indem man durch Wärme und Feuer theils die Materien zerreißt, von welchen die Luft eingeschlossen gehalten wird, theils die elastische Kraft der verschloßnen Luft verstärkt.

§. 51.

Wie Hales die Menge der aus den Körpern gegangnen Luft erforscht hat.

Bey der Untersuchung, wie stark die elastische Kraft der Luft sey, die in den Körpern verborgen steckt, hat man vornemlich dahin zu sehen, in was für Menge sie aus ihnen hervorbricht, wenn man die gedachten Mittel anwendet. Boyle hat durch viele Versuche entdeckt, daß Pflanzen, Gewächse und Früchte unter der Glocke auf der Luftpumpe eine Menge Luft von sich geben, und bey manchen viele Tage vergehen, ehe die Luft aufhöret, aus ihnen heraus zu gehen. Hales ward hierdurch zu einer genauern Untersuchung ermuntert. Er brauchte die Chemie dazu, und sann auf allerhand Mittel, wie er die Menge der Luft, die aus thierischen, vegetabilischen und mineralischen Körpern durch Destilliren und Schmelzen gehet, gehörig berechnen könnte. Die Materien, die er destilliren wollte, legte er in eine kleine Retorte (Tab. III. Fig. 5). Daran leimte er am Orte a ein gläsernes Geschirr, wie eine Bouteille, dessen Bauch b geraumig war, und im Boden ein Loch hatte. An statt dieses gläsernen Geschirres hat er zum öftern ein großes Kolbenglas gebraucht, in dessen Boden ebenfalls ein Loch war. Der Leim, dessen er sich bediente, war aus Tabakspfeiffenthon und feinem Bohnen-

nenmehle gemischt und mit Haren gemengt. Ueber diesen Leim band er viele Blasen, und band noch vier kleine Stöcke darüber, die als Schienen zur Verwahrung der Fugen dienten. Durch das Loch im Boden des Kolbens steckte er den Schenkel eines umgekehrten Hebers. Das Ende dieses Schenkels gieng bis in z. Nach dieser Zubereitung hob er Retorte und Kolben in die Höhe, und senkte den Kolben in Wasser, womit ein großes Gefäß angefüllet war. Weil das Wasser mit Gewalt in den Kolben durch den Boden drung: so ward die Luft im Kolben in den Heber getrieben. Endlich da der Kolben bis an z, wo der Arm vom Heber aufhörte, voll Wasser war: so legte er auf die Oeffnung des andern Arms einen Finger, und verschloß damit die Oeffnung c, und zog sogleich den andern Arm bz aus dem Kolben. Solchergestalt blieb das Wasser im Kolben bis an z stehen, ohne daß es fallen konnte. An dieser Höhe des Wassers band er um die Röhre einen gewichsten Faden. In dem großen Wassergefäße war noch ein anderes Gefäß xx, in welchem der Kolben eigentlich lag. Dieses Gefäß xx nahm er mit dem Kolben weg, und brachte die Retorte nach und nach an das Feuer, den Kolben aber verwahrte er sorgfältig vor der Hitze des Feuers. So wie das Wasser in dem Kolben fiel, so zeigte es, in welchem Verhältnisse sich die Luft und die Materie, welche destilliret ward, in der

Retorte ausbreiteten. Wenn der Boden der Retorte zu glüen anfieng: so war der Raum, in welchen sich die Luft ausgebreitet hatte, nach der mittlern Rechnung fast so groß, als der Raum der Retorte. Also nahm die Luft nunmehro einen doppelten Raum ein. Als die Retorte im hellen Feuer stund, und beynahe in Fluß kommen wollte: so nahm die Luft einen dreyfachen Raum, und zuweilen noch mehr ein. Daher hält Hales die kleinsten Retorten für die geschicktesten zu diesen Untersuchungen. Die in der Destillation liegenden Materien haben sich bald mehr bald weniger, als die Luft, in der Retorte ausgebreitet, nachdem diese Substanzen ihrer Natur nach unterschieden gewesen sind. Wenn Hales merkte, daß eine Materie in der Retorte gnugsam destilliret war: so nahm er gradweise das Feuer von der Retorte und dem Kolben weg. Nachdem die Materie ein wenig kühle geworden war: so satzte er alles in ein Zimmer, wo kein Feuer war. Am folgenden Tage, einigemal drey bis vier Tage darnach, wenn alles völlig kalt geworden war, bezeichnete er den Punct y, wo das Wasser damals im Kolben stund. Wenn das Wasser unter z war: so zeigte der leere Raum zwischen y und z, wie viel Luft durch die Wirkung des Feuers hervorgebracht worden war. Wenn aber das Wasser y über z stund: so zeigte der mit Wasser gefüllte Raum zwischen z und y die Menge Luft an, welche in

der

der Destillation war verschlungen geworden. Die Größe und Menge der neu hervorgebrachten Luft hat Hales folgendergestalt gemessen. Er machte den Leim von dem Kolbe und der Retorte los, verstopfte am Kolben die Mündung a mit Gork, kehrte den Kolben um, und goß durch das Loch in seinem Boden Wasser bis in z. In einem andern Gefäße hatte er eine Menge Wasser bereit, wovon er den Kolben bis an y füllte. Wasser und Gefäße waren abgewogen. Und da er den Kolben vom Wasser aus dem Gefäße gefüllt hatte: so wog er das Gefäß abermal, und sahe aus dem Abgange des Gewichts, wie viel Wasser mangelte. Weil dieses mangelnde Wasser im Kolben war: so zeigte es den Raum an, welchen die neu hervorgebrachte Luft zuvor im Kolben gemacht hatte. Er maaß die entstandne Menge Luft, und die Menge Materie, woraus die Luft gekommen war, mit einem gemeinen Cubiczollmaaß, und fand dadurch das Verhältniß zwischen der Menge Luft und den Materien, aus welchen die Luft war getrieben worden.

Zur Untersuchung, wie viel Luft aus Materien gehe, die in eine Gährung gerathen, hat Hales einen Kolben, ein cylindrisches Glas und ein großes Wassergefäße gebraucht (Tab. III. Fig. 6). Die Materien, in welchen eine Gährung entstehen sollte, legte er in den Kolben b, und bedeckte seinen langen Hals mit

dem cylindrischen Glase ay, und neigte Glas und Kolben in dieser Verbindung über einem großen Gefäße voll Wasser bis auf desselben Fläche, daß das Wasser in das Glas ay laufen konnte. Als dasselbe bis an den Hals des Kolbens gieng: so senkte er b mit dem Untertheile des cylindrischen Glases in das Wasser, und erhob das äußerste Ende a über dasselbe, und satzte den Theil by vom Kolben und Glase in ein anderes Geschirr voll Wasser xx. Ehe er aber den Kolben mit dem cylindrischen Glase aus dem großen Wassergefäße zog: so bezeichnete er die Wasserfläche z am Glase ay. Hierbey ward sorgfältig verhütet, daß kein Wasser auf die Materien kam, welche mit einander gähren sollten. Kam nun durch die Gährung Luft aus ihnen: so fiel das Wasser im Glase von z bis y, und der entstandne leere Raum zy war selbst der Inhalt oder das Volumen der erzeugten Luft. Wenn aber im Gähren die wirksamen Lufttheilchen von den Materien verschlungen wurden: so stieg das Wasser aus z in n. Dieser mit Wasser erfüllte Raum war demnach dem Raume der verschlungnen Luft gleich. In Versuchen mit solchen Materien, die im Gähren eine sehr große Menge Luft hervorbrachten, oder eine sehr große Menge verschlungen, nahm er an statt des cylindrischen Glases ay eine große Kugel. Hatte er aber in Versuchen mit gewissen Materien gefunden, daß eine kleine Menge Luft aus ihnen hervor

kam,

kam, oder von ihnen eingeschluckt wurde: so nahm er bey Wiederholung der Versuche an statt des Kolbens eine Phiole und an statt des cylindrischen Glases ein Bierglas. Die Menge Luft, die entweder im Gähren erzeugt worden, oder verlohren gegangen war, fand er, da er in die Räume zy und zu Wasser goß, und die Menge desselben maß.

Die Untersuchung, wie viel Luft aus entzündeten und brennenden Materien hervorkommen möchte, hat er auf folgende Art veranstaltet (Tab. III. Fig. 7). In das Geschirr voll Wasser xx satzte er einen Leuchter, welcher über die Höhe zz reichte, und steckte ein brennendes Licht darauf, und bedeckte Licht und Leuchter mit einem großen umgekehrten Glase zzaa, welches an einer Schnur hieng, und mit seiner Mündung rr drey oder vier Zoll über dem Wasser stund. Hierauf zog er mit einem Heber die Luft aus dem Glase zzaa, bis das Wasser in zz stieg. Wenn er wegen schädlicher Materien, wie z. E. brennender Schwefel ist, Bedenken hatte, die Luft aus dem Glase mit dem Munde durch den Heber auszusaugen: so befestigte er an den Heber einen großen Blasebalg, und fieng mit demselben die Luft, die aus dem Glase durch den Heber durch ihre elastische Kraft in ihn gieng, wenn er ihn aufzog. Sobald die Luft aus dem Glase zzaa gegangen war: so zog er den Heber unter ihm hervor, und machte an

der Höhe des hinaufgestiegnen Wassers zz ein Zeichen. Je größer nun die Menge Luft war, die aus den brennenden Materien erzeugt wurde, desto tiefer fiel das Wasser von zz gegen aa. Der Raum zzaa war demnach das Maaß der erzeugten Menge Luft. Wenn aber die brennenden Materien der Luft, die vor ihrer Entzündung über dem Wasser war, ihre Elasticität benahm: so stieg das Wasser von der Höhe aa, auf welche es im Saugen gekommen war, gegen zz Der Raum an zz zeigte demnach, um wieviel der Raum der Luft durch die Schwächung ihrer elastischen Kraft abgenommen hatte. Zuweilen hat Hales mit dem Brennglase brennbare Materien auf diesem Gestelle angesteckt.

§ 52.

Die durch Destilliren erzeugten Luftmassen.

In den Untersuchungen, wie viel Luft aus thierischen, vegetabilischen und mineralischen Materien durch Destilliren, durch Gähren und durch Anzünden und Verbrennen hervorkomme, hat Hales sowohl den Raum, welchen die Materien vor der Untersuchung eingenommen haben, als auch den Raum, in welchen sich die aus ihnen gegangne Luft ausgebreitet hat, sorgfältig nach Cubiczollen gemessen. Seine Entdeckungen will ich in folgender Tabelle vorstellen, welche in vier Reihen abgetheilt ist.

Ich habe durch die Buchstaben C. Z. über der ersten die Cubiczolle der Materie, durch die Buchstaben C. Z. L. über der dritten die Cubiczollluft, welche die Materien gegeben haben, und durch den Buchstaben V. über der vierten die im Buche gesetzte Zahl des Versuches angezeiget. Zwischen C. Z. und C. Z. L. werden die Arten der Materien genennet. Die Tabelle bestehet aus vier Classen. In der ersten werden die Versuche mit thierischen Materien, in der zweyten mit vegetabilischen, in der dritten mit mineralischen und in der vierten mit Materien, die aus ihnen gemischt sind, vorgetragen. Hat Hales an statt des Raums in Cubiczollen das Gewichte angegeben: so habe ich solches in der ersten Reihe hinzu gesetzt, und durch den Buchstaben G. die Gräne, und durch den Buchstaben U. die Unzen angedeutet. Eine Unze wird in 480 Grän, grana minora, eingetheilt.

C. Z.	Thierische Materien	C. Z. L.	V.
$\frac{1}{2}$	Schweinsblut	33	49
$\frac{1}{2}$	Dannenhirschhorn	117	51
$\frac{1}{2}$	Austerschalen	162	53
$\frac{3}{4}$	Blasenstein	516	77
$\frac{1}{6}$	Gallensteine	108	77

C. Z.	Vegetabilische Materien	C. Z. L.	V.
$\frac{1}{7}$	Kernholz von der Eiche	128	55
1	Erbsen	396	57
388 G.	Türkisches Korn	270	56
1 U.	Senf z)	270	58
$\frac{1}{6}$	Ambra	135	59
142 G.	Trockner Tabac	153	60
1	Anisoel	22	62
1	Baumoel	88	62
1	gelbes Wachs	54	64
1	gröbster Zucker	126	65
	mineralische Materien		
$\frac{1}{2}$	Steinkohlen von New-castle	180	67
1	reine Erde	43	68
1	Kreide	43	68
$\frac{1}{4}$	Antimonium	7	69
1	Vitriol Marcasit	83	70
1	Tartarus vom Rheinwein	504	73
	Gemischte Materien		
1	Seiffe	18	50
1	Honig mit Knochenkalk vermischt	144	63

z) In der Beschreibung des Versuches heißt es: eine Unze, oder 437 Grän.

C. Z.	Gemischte Materien	C. Z. L.	W.
$\frac{1}{2}$	Seesalz, verpufftes, mit so viel Kalk aus Knochen vermischt	64	71
$\frac{1}{2}$	Sal Tartari mit Weinstein und Salpeter gemacht, und mit so viel Knochenkalk vermischt	112	74

§. 53.

Anmerkungen zu den gemachten Versuchen.

Aus dem Schweinsblute gieng die Luft, da die weißen Dünste zu steigen anfiengen. Das Dannenhirschhorn ward in einer eisernen Retorte destilliret, welche von einem Musquetenrohre gemacht war, und bey einem Schlösser in der Schmiede so stark erhitzt wurde, bis sie so helle war, als weißes Feuer. Die Luft aus diesem Hirschhorne fieng nicht eher an hervor zu kommen, als da die weißen Dünste zu steigen anfiengen. Mit diesem Dunste brach sie häufig hervor, auch die folgende Zeit, da das empyrevmatische Oel kam. Von dem zurückbleibenden Kalke waren $\frac{2}{3}$ schwarz und $\frac{1}{3}$ aschenfarbig. Das Horn wog 241 Grän, und der übrig gebliebne Kalk 128 Grän. Dergestalt war das Horn noch nicht zur Hälfte vergangen.

gen. Das Antimonium ward in einer gläsernen Retorte destilliret. Denn das Eisen würde davon seyn angegriffen worden. Die Luft vom Sal Tartari zu scheiden wird eine stärkere Hitze erfodert, als beym Salpeter.

§. 54.

Die durch Destilliren erzeugte Luft ist wahrhaftige Luft.

Man könnte auf den Argwohn gerathen, ob vielleicht die Luft, welche im Destilliren hervorkömmt, eine Luft sey, die aus der in der Retorte befindlichen Luft durch die große Hitze erzeugt werde; oder ein aus der Materie der Retorte entstandner Dunst sey; oder in einem flüßigen Wesen bestehe, welches aus den Materien, die man destilliret, seinen Ursprung nehme, und nur eine gewisse Aehnlichkeit mit der wirklichen Luft habe. Hales hat deswegen besondere Untersuchungen angestellt, und dadurch diesen Argwohn völlig gehoben. Er ließ sowohl eine gläserne als eine eiserne Retorte am Feuer glüend werden. Nachdem sie beyde die erhaltne Hitze völlig verlohren hatten: so gab er Achtung, ob die Luft in denselben einen größern Raum einnähm. Aber er fand davon in der Höhe des Wassers, welches er in einem Gefäße dabey gebraucht hatte, kein Merkmal. Was nun den Zweifel betrifft, ob nicht aus den Materien, welche man destilliret, nur

nur ein gewisser Dunst hervorkomme, welcher der wirklichen Luft blos ähnlich sey: so hat man die Eigenschaften diesen flüßigen Wesens, welches im Destilliren entstehet, zu untersuchen. Fände man in ihm eben die Schwere und eben die Elasticität, die unsre Erdluft hat: so hätte man nicht Ursache, ferner zu zweifeln, daß das flüßige Wesen, welches im Destilliren hervorbricht, und sich in einen Raum ausbreitet, eben das sey, was unsere Luft ist. Hales hat beydes entdeckt. Er ließ einen Recipienten, dessen Raum 540 Cubiczoll hielt, mit Luft aus Weinstein voll werden, da er ihn destillirte. Da diese Luft kalt war, hieng er den Recipienten an das Ende einer Wagschale, ohne seine Stellung zu ändern, da seine Mündung noch im Wasser steckte. Endlich zog er diese Mündung aus dem Wasser, und bedeckte sie unmittelbar mit einer Blase, und wog den Recipienten genau. Hierauf nahm er durch Hülfe eines Blasebalges, dessen Röhre bis auf den Grund des Recipienten reichte, alle Luft aus demselben, und lies ordentliche Luft in den Recipienten. Er verwahrte die Mündung desselben von neuem mit der gedachten Blase, und wog den Recipienten abermal mit großer Vorsicht. Aber er fand am Gewichte keinen Unterscheid. Also hatte die Erdluft und die Luft aus Weinstein in einerley Raume gleich viel Schwere. Hales hat diesen Versuch mit Luft aus Weinstein zehn Tage nach seiner Destillation

tion wiederholet, und ebenfalls im Gewichte zwischen ihr und der Erdluft keinen Unterscheid wahrgenommen. Auch in der Elasticität hat er eine völlige Uebereinstimmung bemerket. Er füllte zwo gleich große Röhren, die eine mit gemeiner Luft, und die andere mit Luft aus Weinstein, die er 15 Tage wohl verwahrt gehalten hatte. Jegliche Röhre war 10 Schuh lang, und an einem Ende zugeschmolzen. Er satzte beyde Röhren zu gleicher Zeit unter einen cylindrischen Recipienten. Die Röhren stunden mit ihren Mündungen auf dem Boden des Recipienten in Wasser, welches in ihm auf eine gewisse Höhe gieng. Auf die Oberfläche dieses Wassers drückte er mit einer Gewalt, die so stark war, als eine gedoppelte Luftsäule. Und er sahe, daß das Wasser in der einen Röhre so hoch stieg als in der andern. Das Steigen entstand daher, weil die Luft in der Röhre zusammen gedrückt wurde. Dergestalt ließ sich die Luft aus Weinstein eben so weit zusammen drücken, als die gemeine Luft, und war folglich eben so elastisch als diese. Damit der cylindrische Recipiente durch den Druck auf das Wasser nicht so leicht bersten möchte, so hatte er ihn zu mehrerer Sicherheit in Urin sieden, und wieder kalt werden lassen. In eben die vorige Röhren that er Luft, die frisch aus Weinstein gezogen war, und stellte sie aufwärts in Gefäße mit Wasser, und drückte die Luft in der einen durch die Luftpumpe zusammen,

und

und ließ sie viele Tage lang zusammen gedrückt stehen, in der Absicht, zu erfahren, ob etwan diese gedrückte Luft aus Weinstein von ihrer Elasticität etwas verliehren würde. Aber es hat sich nicht das geringste Merkmal davon gezeiget.

§. 55.

Die durch Gähren erzeugten Luftmassen.

Wenn gewisse Materien in ihrer Vermischung in eine Gährung oder Fermentation gerathen: so kömmt gleichfalls eine Menge Luft hervor, welche sich in einen großen Raum ausbreitet. Hales hat dieses durch Versuche erfahren, die er in einem Kolben gemacht hat, dessen langer Hals mit einem cylindrischen Glase bedeckt wurde, wenn die zum Gähren bestimmten Materien in den Kolben waren gethan worden. Die Verbindung dieses Kolbens und Glases ist oben (S. 135) beschrieben worden, und wird auf der 3ten Tafel auf der 5ten Figur vorgestellet. Die gemachten Entdeckungen habe ich in folgende Tabelle gebracht, in welcher durch C. Z. die Cubiczolle der vermischten Materien, durch T. St. M. die Tage, Stunden und Minuten, in welchen eine gewisse Menge Luft erzeuget worden ist, und durch C. Z. L. die Cubiczolle der entstandenen Luft, und durch V. die Versuche angezeiget werden.

C. Z.	Materien.	C. Z.	Materien.	T. St. M.	C. Z. L.	B.
16	Schafblut	etw	as Wasser	18 " "	14	80
½	Salmiac	1	Vitriolöl	1 " "	6	82
6	Pulver von Austerschalen	6	weißer Weinessig	" " 6	7	83
½	Austerschalen	2	saures Lab aus dem Magen eines saugenden Kalbes	4 " "	11	83
½	Austerschalen		saurer Saft von großen Pomeranzen	1 " "	18	83

C. Z.	Materien.	C. Z.	Materien.	T. St. M.	C. Z. L.	B.
42	Bier Ale	—	—	vom 10 März bis 9 Junius	639	
12	trockne Rosinen aus Malaga	18	Wasser	vom 2 März bis 16 April	411	86
26	zerstoßne Aepfel	—	—	13 〃 〃	968	87
2	aqua regia	—	goldn. Ring	1 〃 〃	4	90
1/4	Spießglas	2	aqua regia	〃 3 〃	38	91
1/4	Spießglas pulverisirt	1	aqua fortis	〃 3 〃	82	
1	ganze Kreide	1	Vitriolöl	3 〃 〃	31	100
1	pulverisirter Stein Belemnite	1	Vitriolöl	〃 〃 5	35	100

§. 56.

Diese Luft hat die Kennzeichen wahrer Luft.

Das flüßige und unsichtbare Wesen, welches sich bey der Gährung zu erkennen giebt, da das Wasser um den Kolben unter dem Glase von z bis y fällt (S. 136) (Tab. III. Fig. 6), verbreitet sich wie die freye Luft bey warmen Wetter in einen weitern Raum, und ziehet sich in der Kälte zusammen, und behält seine elastische Kraft, wenn es durch Gewichte zusammen gedrücket wird. Das sind Eigenschaften unserer Erdluft. Hales hat dieselben in diesem flüßigen Wesen, welches in der Gährung zu wirken anfängt, viele Wochen und Monate hindurch wahrgenommen, ohne daß er eine Veränderung daran bemerket hätte.

§. 57.

Die durch Anzünden und Verbrennen erzeugte Luft.

Hales legte auf das Gestelle unter dem umgekehrten Glase zzaa (Tab. III. Fig. 7) ein Stückchen Löschpapier, welches in einer starken Salpetersolution gelegen hatte, und darauf wohl getrocknet worden war, und steckte das Papier mit einem Brennglase an. Der Salpeter verpufte, und brannte einige Zeit helle, bis das Glas zzaa mit so vielem Rauche erfüllet ward, daß die Flamme dadurch auslöschte.

löschte. Nachdem alles kalt geworden war, fand Hales, daß der wenige Salpeter im Verpuffen 80 Cubiczoll Luft von sich gegeben hatte. Hierbey erzählet er in dem 102ten Versuche, daß die Elasticität dieser neuen Luft alle Tage abgenommen habe. Hierdurch dürfte man fast zweifelhaft werden, ob die 80 Cubiczoll Luft wirklich neue Luft, oder nur eine ausgedehnte Luft, gewesen sey, die ihre Ausdehnung durch das Feuer des entzündeten Salpeters erhalten habe. Dieser Zweifel lässet sich durch folgenden Versuch heben, welcher der hundert und dritte ist. Hales legte auf das Gestelle unter dem umgekehrten Glase große Lunten, die aus alten Leinwandlappen gedrehet, und in geschmolzenen Schwefel geweicht waren. Der luftvolle Raum über der Wasserfläche zz war 2024 Cubiczoll, ehe die Lunten angezündet wurden. Aber da sie verbrannten: so stieg das Wasser unter dem Glase, und der vorige Luftraum ward 198 Cubiczoll, das ist um $\frac{1}{10}$ kleiner. Warum ist derselbe nicht durch die Hitze des Schwefels größer geworden, wenn die Hitze des entzündeten Salpeters im vorigen Versuche die Luft 80 Cubiczoll weiter ausgedehnet hat? Hales stellte unter den umgekehrten Recipienten zzaa ein brennendes Licht, welches $\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter hatte, und zog alsofort durch einen Heber das Wasser bis in zz, und nahm den Heber weg. Das Wasser fiel 15 Secunden lang, zum Zeichen, daß es von

der Luft niedergedrückt ward. Da könnte man sagen, dieses wäre geschehen, weil die über dem Wasser vorhandne Luft durch die Wärme wäre ausgebreitet worden. Man würde sich irren. Denn nach den verfloßnen 15 Secunden erhob sich das Wasser, ohngeachtet das Licht noch 3 Minuten fortbrannte. Der Luftraum ward demnach bey fortdaurender Hitze vermindert.

§. 58.

Die Stärke der Elasticität in der erzeugten Luft.

Wie stark die Luft, welche durch Feuer und Fermentation aus den Körpern gebracht wird, in dem Raume, welchen sie durch ihre Elasticität einnimmt, mit dieser Kraft wirke, das lässet sich aus der Schwere abnehmen, womit entweder die äußere Luft oder eine andere Last gegen sie drückt. Hales hat in einigen Versuchen folgende Rechnungen gemacht, die er in dem 88sten und 89sten Versuche beschrieben hat. Er schüttete eine starke Flasche halb voll Erbsen, goß Quecksilber darein, einen halben Zoll hoch, füllte sie sodann mit Wasser, und steckte sie in die lange und enge Röhre ab, deren unterstes Ende bis in das Quecksilber gieng, und beynahe an den Boden der Flasche reichte und verstopfte den Hals in b (Tab. IV. Fig. 1). In zween oder drey Tagen zogen die Erbsen das ganze Wasser in sich, und quollen dergestalt auf, daß sie dadurch

durch das Quecksilber in der Röhre in die 80 Zoll hoch trieben. Solchergestalt ward die in der Flasche hervorgebrachte Luft durch eine größere Kraft zusammen gedrückt, als drittehalb Atmosphären oder Luftsäulen haben, deren Durchschnitt dem Durchschnitte der Röhre ab gleich ist. Eben so stark ist die Elasticität der zusammengedrückten Luft gewesen. Hales hat noch durch einen andern Versuch zu erforschen gesucht, wie groß die Federkraft der Luft sey, die aus Erbsen erzeugt wird (Tab. IV. Fig. 2). Er nahm einen dicken eisernen Topf, eine gläserne Röhre, und einen eisernen Cylinder dazu. In den eisernen Topf abcd, welcher fünf Zoll tief war, und inwendig 2¾ Zoll zum Diameter hatte, that er kleine Erbsen, und goß Quecksilber einen halben Zoll hoch hinein. Die gläserne Röhre zx, die an dem einen Ende zugeschmelzt war, brachte er in den eisernen Cylinder, damit sie durch das Aufquellen der Erbsen nicht zerspringen möchte, und legte etwas Honig an das Ende x. Den Topf goß er ganz voll Wasser, und legte zwischen seine Mündung und den Deckel einen ledernen Kranz, und drückte den Deckel mit einer Obstpresse auf den Topf. Den dritten Tag, da er den Topf aus der Presse nahm und öffnete, fand er alles Wasser in ihm von den Erbsen eingeschluckt, und sahe in der Röhre, daß das Honig bis nach z in ihr in die Höhe getrieben war. Hierdurch ward er ge-

wahr, daß die Gewalt des Aufquellens so stark gewesen war, als der Druck von $2\frac{1}{4}$ Luftsäulen. Da der Topf im Diameter $2\frac{3}{4}$ Zoll gehabt hat, und die Fläche von seiner Oeffnung 6 Quadratzoll gewesen ist: so folget, die Elasticität der Luft zwischen dem Deckel des Topfes habe die Gewalt gehabt, womit 189 Pfund drücken.

§. 59.

Die elastische Kraft in erzeugter Luft nach Boerhavens Untersuchungen.

Boerhaave hat die Stärke der elastischen Kraft der Luft, die in den Körpern verschlossen ist, und durch gewisse Mittel aus ihnen hervorgebracht, und die erzeugte genennet wird, durch Hülfe der Luftpumpe untersuchet, die mit einer torricellianischen Röhre versehen war, in welcher das Quecksilber fiel, wenn durch die Vermischung gewisser Materien unter einer reinausgepumpten Glocke neue Luft erzeuget ward. Die gemachten Entdeckungen erzählt er in seinen Elementis Chemiae, im ersten Theile, welcher die Theoriam Artis enthält, in der Abhandlung von der Luft, im x Experimente. Er hatte unter der Glocke in einem gläsernen Gefäße anderthalb Drachmas ganze Krebsaugen, und in einem andern anderthalb Unzen destillirten lauen Essig. Weil der Essig lau war: so gieng im Auspumpen der Glocke die Luft größtentheils aus ihm. Da die Glocke

von

von Luft leer war, stund das Quecksilber in der torricellianischen Röhre an der Luftpumpe 28½ Zoll hoch. Boerhaave goß sodann den Essig auf die Krebsaugen. Sogleich entstand in dem Glase ein unglaublich großes Aufwallen, und das Quecksilber fiel in der torricellianischen Röhre sehr merklich. In einer halben Stunde war es 12 Zoll tief gefallen. Der Raum in der Glocke konnte 114 Unzen Wasser fassen. Hätte die Quecksilberröhre unter der Glocke gestanden: so würde das Quecksilber 12 Zoll hoch gedrückt worden seyn. So groß war also die Elasticität dieser erzeugten Luft, deren Dichtigkeit zur Dichtigkeit der Atmosphäre war wie 24 zu 57. Hierauf nahm Boerhaave eine Drachma Kreide, und goß zwo Unzen destillirten Essig darauf. Da entstand ein weit heftigeres Aufsieden. Das Quecksilber in der torricellianischen Röhre fiel von 28½ Zoll Höhe auf 6, und folglich 22½ Zoll. So hoch würde es in der Röhre von der erzeugten Luft gedrückt worden seyn, wenn sie unter der Glocke gestanden hätte. So stark war demnach die Elasticität dieser neuen Luft, deren Dichtigkeit zur Dichtigkeit der Atmosphäre war wie 45 zu 57. Boerhaave hat einen gefährlichern Versuch mit Oleo Vitrioli und Oleo Tartari unter einer ausgepumpten Glocke angestellet, und eine sorgfältige Behutsamkeit gebraucht. Vom Oleo Tartari nahm er 4 Drachmas, und vom Oleo Vitrioli 1½ Drachma. Ehe er diese beyden

Oele unter der Glocke vermischte, so war er bemühet, durch Auspumpen die Luft aus ihnen nach Möglichkeit heraus zu bringen. In dem Oleo Tartari zeigte sich nicht das geringste Merkmal einer aufsteigenden Luft. Aber aus dem Oleo Vitrioli stieg sie häufig und mit großen Blasen empor. Boerhaave ließ beyde Oele in leergemachten Raume funfzehn Stunden lang stehen, damit recht wenig Luft in ihnen bleiben sollte. Die Gefäße, in welchen die Oele standen, waren so weit, daß sie zwanzigmal so viel Oel hätten fassen können. Denn er war in Sorgen, die Oele möchten im Aufwallen überlaufen. Das Gefäße, worinnen die Oele mit einander vermischt werden sollten, stand auf einem breiten Teller von Glase, damit nicht die im Aufwallen über das Gefäße steigende Materie in die Luftpumpe laufen, und durch ihre Schärfe das Metall verderben möchte. Nachdem nun die Oele 15 Stunden lang unter der Glocke gestanden hatten: so goß er sie unter derselben zusammen. Augenblicklich entstand ein überaus heftiges Aufsieden, daß die mit einander streitenden Theilchen der vermischten Materien durch die ganze Glocke zerstreuet und mit Gewalt in die Höhe gestoßen wurden. Die daraus erzeugte Luft drückte das Quecksilber in der torricellianischen Röhre von 29 Zoll bis auf 12½. Dergestalt war es 16½ Zoll tief gefallen. So hoch würde es in der Röhre gestiegen seyn, wenn sie unter der

Glocke

Glocke gestanden hätte. So stark war demnach die Elasticität dieser erzeugten Luft in dem Raume unter der Glocke. Am Ende der Beschreibung dieser Versuche führet **Boerhaave** noch einen an, welcher weit gefährlicher ist, und in den englischen Transactionen N. 213. S. 212. erzählet wird. Man hat unter eine 6 Zoll breite und 8 Zoll hohe Glocke auf der Luftpumpe in einem Gefäßchen ½ Drachma rauchenden Spiritus nitri, und in einem andern eine Drachma Nelkenoel gebracht, und vor ihrer Vermischung durch das Auspumpen alle Luft aus ihnen zu bringen gesucht. Sodann hat man sie zusammen gegossen. Im Augenblicke ist ein so heftiges Aufsieden entstanden, daß die dadurch erzeugte Luft die Glocke von dem Teller der Luftpumpe in die Höhe gestoßen hat. Von der äußern Luft ward die Glocke damals mit einer Gewalt von 468 Pfunden gedrückt. Die Elasticität der erzeugten Luft ist noch stärker gewesen. Denn die Glocke ward in die Höhe geworfen. **Boerhaave** meynet hierbey, man würde diese Kraft endlich mit Genauigkeit bestimmen können, wenn man in wiederholten Versuchen eine immer größere Glocke nähme, bis man endlich sähe, daß die Glocke vom Teller nur losgemacht würde. Auch könnte man verhüten, daß die Glocken nicht zerbrächen. Man dürfte nur an die Glocke eine Schnur binden, und dieselbe über eine Rolle ziehen,

und an das andere Ende ein mäßiges Gewichte henken.

§. 60.

Die Stärke der Elasticität in der aus dem Schießpulver erzeugten Luft.

Wenn von dem Schießpulver, welches in London zum Dienste der Regierung bereitet zu werden pflegt, 410 Gran, nach dem Troygewichte, in einem luftleeren Raume von 520 englischen Cubiczollen, entzündet werden: so wird daraus eine Luft erzeugt, die mit der Luft, in welcher wir Athem holen, einerley Grad der Elasticität hat. Herr Robins hat dieses durch folgenden Versuch entdeckt, zu welchem er das gedachte Pulver deswegen genommen hat, weil kraft eines Vergleichs beständig einerley Proportion unter den Materialien beybehalten werden muß a). Das Troygewichte wird zu Abwägung des Goldes und Silbers und andrer kostbaren Waaren gebraucht. Ein Pfund davon wird in 12 Unzen eingetheilt, deren eine 437 Gran hat, und sich zur pariser Unze wie 480 zu 472½ verhält. Eine Unze Troygewichte hält also 585$\frac{1}{7}$ pariser Gran b).

Robins

a) In den neuen Grundsätzen der Artillerie, im 1 Capitel, im 4ten Satze.

b) Herr Professor Euler in der Anmerkung über den IV. Satz.

Robins nahm zum Versuche nur eine Drachma oder 27 Gran Pulver, und ließ es auf der Luftpumpe unter einer ausgepumpten Glocke, deren Raum 520 Cubiczoll hielt, auf ein glüendes Eisen fallen. Ehe dieses geschahe: so stand das Quecksilber in der torricellianischen Röhre an der Luftpumpe beynahe 30 englische Zoll hoch. Aber da sich das Pulver auf dem glüenden Eisen entzündete: so fiel das Quecksilber 2 Zoll tief c). Hieraus schließt Herr Robins, hätte er 15mal so viel Pulver, nemlich 410 Gran, auf das glüende Eisen fallen lassen: so würde das Quecksilber in der torricellianischen Röhre 30 Zoll und also gänzlich darnieder gefallen seyn, und folglich die aus dem Pulver erzeugte und durch den Raum von 520 Cubiczollen ausgebreitete Luft mit ihrer Elasticität eben so stark gegen das Quecksilber gedrückt haben, als die äußere Erdluft gegen dasselbe.

Dieses ist nur die Stärke der elastischen Kraft in der aus dem Pulver erzeugten Luft in dem Raume von 520 Cubiczollen, durch welchen sie sich verbreitet hat. Aber es fragt sich, wie stark sie in dem Augenblicke sey, da sie anfängt, sich auszubreiten? Zur Beantwortung dieser Frage sind zwey Dinge zu wissen nöthig: erstlich, wie dichte die Luft in dem Pulver sey, und

c) Zu dem III. Satze.

und zum andern, wie groß die Hitze sey, wodurch das Pulver entzündet wird. Herr Robins zeiget, daß die in einem Cubiczolle Pulver eingeschloßne Luft 244mal dichter sey, als unsere natürliche Luft d). Hätte nun diese 244mal dichtere Luft im Pulver mit der natürlichen Luft einerley Grad der Wärme: so würde sie eine 244mal größere Federkraft haben, als unsere natürliche Luft. Aber sie erhält in der Entzündung des Pulvers eine sehr große Hitze. Robins weiset, daß dieselbe der Hitze des glüenden Eisens gleich komme e).

Die Dichtigkeit der Luft im Pulver berechnet er auf folgende Art f). Ein Theil der Elasticität der Luft unter der Glocke in dem Raume von 520 Cubiczollen ist von der Hitze des in der Glocke befindlichen glüenden Eisens verursachet worden. Es sagt aber Herr Robins, die Wärme der Glocke sey merklich kleiner gewesen, als die Wärme des siedenden Wassers. Da nun diese Wärme die Elasticität der Luft ohngefehr um den dritten Theil vermehret: so schließet Robins aus diesen Umständen, daß die durch den Raum der Glocke verbreitete Luft durch die Wärme unter derselben um den fünften Theil mehr Elasticität möchte

d) In dem IV. Satze.

e) In dem VI. Satze.

f) Im IV. Satze.

möchte erhalten haben, als die natürliche Luft außer der Glocke gehabt habe. Nun fährt er in seinem Beweise fort. Wenn die Glocke, oder der Recipiente, mit der äußern Luft einerley Grad der Wärme gehabt hätte: so würde das Quecksilber, an statt 2 Zoll, nur 1⅗ Zoll haben fallen müssen. Oben ist gezeigt worden, daß aus 410 Gran Pulver durch die Entzündung eine Luft erzeugt wird, die sich durch einen Raum von 520 Cubiczollen verbreitet, und in demselben so dicht ist, als unsere natürliche Luft. Da nun eine Unze 437 Gran hält: so folgt, daß eine Unze Pulver 575 Cubiczoll Luft von dieser Dichtigkeit durch die Entzündung geben würde. Diese 575 Cubiczoll muß man nunmehr, wenn die Glocke mit der äußern Luft einerley Grad der Wärme haben, und die unter ihr erzeugte Luft durch ihre Elasticität das Quecksilber nur 1⅗ Zoll niederdrücken soll, um den fünften Theil vermindern. Wenn also eine Unze Pulver entzündet wird, und die daraus entstehende Luft mit der äußern einerley Dichtigkeit haben soll: so bestehet der Raum, durch welchen sie sich ausbreitet, nur aus 460 Cubiczollen. Herr Robins rechnet diesen Raum gegen den Raum des Pulvers in einem Cubiczolle, aus welchem die Luft unter der Glocke hervorgekommen ist, wie 244 gegen 1. Sein Beweis ist dieser. Eine Unze und eine Drachma, oder 17 Drachmä Pulver nach dem Avoir du poise Gewichte füllen in der Zusammendrückung

ckung 2 Cubiczoll aus. Nun müssen diese 17 Drachmä, und also 2 Cubiczoll Pulver nach der obigen Rechnung eine Luft in sich halten, die sich in einen Raum von 488 Cubiczoll verbreiten kann, in welchem sie noch so dicht ist, wie unsere natürliche Luft. Demnach muß die Luft in 1 Cubiczoll Pulver einen Raum von 244 Cubiczollen ausfüllen können, und darinnen so dicht bleiben, als unsere Luft ist. Der zweyte Satz in dem Beweise wird durch die Regel Detri gefunden. Denn wenn die in 16 Drachmis, oder in einer Unze, Pulver verschloßne Luft sich durch einen Raum von 460 Cubiczollen ausbreiten kann: so muß die Luft, die in 17 Drachmis Pulver verschlossen ist, sich in einen Raum von 488 Cubiczollen ausbreiten können. Nemlich

$$16 : 460 = 17 : 488\tfrac{3}{4}.$$

Nur weis man nicht, wie es kömmt, daß Herr Robins anietzo das Avoir du poise Gewichte nennt, wo das Pfund in 16 Unzen eingetheilet wird, da er vorher das Troygewichte gebraucht hat, wo das Pfund 12 Unzen hat. Hiernächst theilt Herr Robins die Unze in 16 Drachmas, da sie nach Eisenschmids Anleitung sonst nur 8 Drachmas hat. Herr Professor Euler meynt daher in der Anmerkung über den IV Satz, man könne das, was Herr Robins von den Drachmis sagt, gar wohl von halben Drachmis verstehen.

Zur Bestätigung der Wahrheit, daß die in dem Pulver verschloßne Luft durch die Entzündung desselben sich in einen Raum ausdehnet, welcher 244mal größer ist, als der Raum des Pulvers, und in demselben annoch so dicht ist, als die natürliche Luft, hat Herr **Robins** einen andern und sehr mühsamen Versuch unternommen, da er eine Drachma Pulver unter einer Glocke, welche 470 Cubiczoll hielt, mit den Sonnenstrahlen durch Hülfe eines Brennglases angezündet hat. Dieser Versuch war mühsam, weil es bisweilen lange dauerte, ehe das Pulver sich entzünden ließ, und in dieser Zeit manchmal neue Luft von außen unter die Glocke drung, auch gemeiniglich wohl der vierte Theil des Pulvers unentzündet blieb, und unter der Glocke zerstreuet wurde. Damit aber Herr **Robins** dieser Schwierigkeiten ohngeachtet zu einer Gewißheit gelangen möchte, so sammlete er die unverbrannten Pulverkörner, und wog dieselben, bis er es endlich dahin brachte, daß bey ieglicher Entzündung, da er den Fall des Quecksilbers in der torricellianischen Röhre beobachtete, eine ganze Drachma Pulver verbrannte. Auf diese Weise hat er vier Versuche gemacht. In dem ersten fiel das Quecksilber $2\frac{1}{15}$, im zweyten $1\frac{8}{10}$, im dritten $2\frac{1}{10}$, und im vierten $1\frac{85}{100}$ Zoll. Hiervon nahm er das Mittel $1\frac{96}{100}$ Zoll für den Fall des Quecksilbers, wenn sich die Luft aus einer Drachma Pulver durch die Entzündung

in einen luftleeren Raum von 470 Cubiczollen vertheilet. Hieraus folgt, daß das Quecksilber nur $1\frac{77}{100}$ Zoll fallen kann, wenn ein Raum von 520 Cubiczollen unter einer luftleeren Glocke mit Luft aus einer Drachma Pulver durch die Entzündung erfüllet wird. Was nun in diesen Versuchen wegen der unter der Glocke entstandnen Wärme muß abgezogen werden, das ist etwas weniges. Robins hatte ein kleines Thermometer unter die Glocke gesetzt. An demselben sahe er, daß die Wärme nicht größer war, als die gewöhnliche Sommerwärme, wodurch die Luft gemeiniglich um den zwölften Theil mehr ausgedehnet wird. Wenn man nun $1\frac{77}{100}$ um den zwölften Theil vermindert: so kömmt $1\frac{62}{100}$ Zoll heraus, welches von $1\frac{3}{5}$ oder $1\frac{60}{100}$ Zoll, dem Falle des Quecksilbers in der Entzündung des Pulvers auf dem glüenden Eisen, sehr wenig unterschieden ist.

Könnte demnach die aus dem entzündeten Pulver erzeugte Luft sich nicht ausbreiten, sondern bliebe in dem Raume des Pulvers eingeschlossen, und hätte mit der natürlichen Luft einerley Grad der Wärme: so wäre sie 244mal dichter, als dieselbe, und würde mit einer 244mal stärkeren Elasticität wirken.

Man kann aber die Hitze, welche bey Entzündung einer merklichen Menge Pulvers entstehet, für eben so groß halten, als die Hitze eines

eines glüenden Eisens. Solches ist theils aus der Natur der Materien klar, aus welchen das Pulver bestehet, theils daher, daß ein iegliches Feuer hinreichend ist, Eisen zum Glühen zu bringen. Herr Robins ist zwar nicht in Abrede, daß nicht ein Feuer von dem andern in der Stärke unterschieden seyn sollte. Es komme da auf die Menge der verbrennlichen Materien an. Es sey leicht abzunehmen, daß das Pulver eine immer größere Hitze gebe, ie größer die Menge desselben im Entzünden sey, und daß seine Hitze von dem Grade, welcher das Eisen glüend roth macht, bis zu dem Grade steigen könne, wodurch die Metalle in Glas verwandelt werden. Unterdessen aber, da zu diesem Grade eine größere Menge Pulver gehöre, als man iemals zugleich anzünde: so werde man sich nicht weit von der Wahrheit entfernen, wenn man annehme, daß die Hitze, welche durch die Entzündung der gewöhnlichen Pulvermassen entstehet, beynahe so groß sey, als die Hitze des glüenden Eisens. Herr Professor **Euler** erläutert und bestärket dieses in der Anmerkung über den VI Satz durch eine Erfahrung. Wenn aus einer Canone, sagt er, etlichemal hintereinander geschossen worden ist: so bekömmt sie einen solchen Grad der Hitze, daß man genöthiget ist, dieselbe mit Wasser abzukühlen. Da nun bey einem ieden Schusse die Flamme, von welcher diese Wärme entstehet, nur einen Augenblick dauret: so

siehet man wohl, daß diese Hitze sehr groß seyn müsse, wodurch einem Stücke in so kurzer Zeit ein so merklicher Grad der Wärme mitgetheilet werden kann.

Wenn man also annimmt, daß die Flamme, welche bey Entzündung des Pulvers entstehet, keine geringere Hitze als ein glüendes Eisen bey sich führe: so siehet man leicht, daß die Elasticität der Luft in dem Pulver den ersten Augenblick, da es entzündet wird, viermal 244mal stärker seyn müsse, als die Elasticität der gemeinen Luft (§. 49). Herr Robins setzt, die elastische Kraft der erzeugten Luft im Pulver sey im ersten Augenblicke, da es sich entzündet, tausendmal größer, als die Federkraft der Luft, in welcher wir Athem holen. Aber diese Gewalt nimmt gleich ab, sobald sich die Luft aus dem Raume des Pulvers in einen größern ausbreitet, und die Erhitzung vermindert wird.

Der Herr Professor **Euler** äußert hierbey einen doppelten Zweifel g). Erstlich hält er es noch für ungewiß, ob eine so sehr zusammengepreßte Luft, welche 244mal dichterer ist, als die natürliche, auch genau so vielmal elastischer sey. Es könnte wohl seyn, daß sie eine

g) In den Anmerkungen über den IV und VI Satz, S. 95. und 105. 106.

eine mehr als 300mal stärkere Federkraft besäße. Hernach hält er es auch noch nicht für ausgemacht, daß eine so dichte Luft von der Hitze eines glüenden Eisens gleichfalls eine 4mal größere Elasticität erhalte, weil solches bey der natürlichen und auch nicht allzusehr zusammen gedrückten Luft wahrgenommen worden sey. Es wird darauf ankommen, sagt er, ob man vermittelst dieser Sätze im Stande seyn wird, alle aus der Erfahrung erkannte Wirkungen des Pulvers zu erklären. In der dritten Anmerkung über den VII Satz, S. 139. führet er aus einem Exempel, welches der Herr Professor Daniel Bernoulli in seiner Hydrodynamic S. 241. berechnet habe, dieses an, daß derselbe bey Erforschung und Entdeckung der wirklichen Geschwindigkeit der geschoßnen Kugeln genöthiget worden sey, die Elasticität der im Pulver eingeschloßnen Luft 6004mal größer anzusetzen, als den Druck der Atmosphäre; und in Betrachtung dessen, daß bey der Forttreibung durch den Lauf der Canone die elastische Luft durch das Zündloch und zwischen der Kugel und der innern Wand der Canone beständig heraus blase, und dadurch in der Elasticität immer schwächer werde, die anfängliche Elasticität der Luft zehntausendmal größer habe annehmen müssen. Wegen der Dichtigkeit, welche Herr Robins der Luft im Pulver zueignet (S. 158), macht der Herr Professor Euler eine merkwürdige

Erinnerung h). Herr Robins hält die Luft im Pulver für 244mal dichter, als die Luft, in welcher wir Athem holen. Denn wenn sich die in einem Cubiczolle Pulver enthaltne Luft durch die Entzündung so weit ausbreitet, daß sie mit der natürlichen Luft einerley Dichtigkeit erhält: so füllt sie einen Raum von 244 Cubiczollen aus (S. 160). Hiernächst aber zeiget Herr Robins i), daß die Luft in einer Masse Pulver nur den dritten Theil des Gewichts von derselben ausmache. Seine Rechnung ist folgende: Aus einer Unze Pulver werden im luftleeren Raume durch die Entzündung 460 Cubiczolle Luft erzeugt, die so dicht ist, als die Luft außer dem leeren Raume. Nun wiegen 460 Cubiczoll ordentliche Luft 131 Gran. Und diese sind der dritte Theil von 437 Gran, woraus eine Unze bestehet. Daher aber, daß die im Pulver zusammengedrückte Luft den dritten Theil desselben ausmacht, schließt der Herr Professor Euler, daß die Luft im Pulver vor der Entzündung dreymal mehr zusammen gedrückt seyn müsse, als Herr Robins meynet. Denn in einem Cubiczolle Pulver ist $\frac{1}{3}$ davon Luft. Und dieses $\frac{1}{3}$ wird durch die Entzündung des Pulvers in einen Raum von 244 Cubiczollen verbreitet. Hätte

h) In der III Anmerkung über den XI Satz, S. 301.

i) Im IV Satze, S. 89.

Hätte diese Luft vor der Entzündung den ganzen Raum eines Cubiczolles inne: so wäre sie in Betrachtung des Raums von 244 Cubiczollen allerdings 244mal dichter. Aber ihr eigentlicher Raum in Cubiczolle Pulver ist nur $\frac{1}{3}$ des Cubiczolles. Dergestalt ist sie vor der Entzündung in einem dreymal engern Raume, und folglich dreymal dichter. Herr **Robins** nennt den dritten Theil des Gewichts, welchen eine Pulvermasse hat, $\frac{3}{10}$, indem er der Unze, die aus 437 Gran bestehet, 10 Theile giebt. Wie sich nun 437 Gran, als das Gewichte einer Unze, zu 131 Gran, dem Gewichte der 460 Cubiczolle Luft, die aus einer Unze Pulver durch die Entzündung im luftleeren Raume unter der Glocke erzeugt werden, verhalten; so verhalten sich 10 Theile der Unze zu 3 Theilen derselben. Nemlich $437 : 131 = 10 : 3$. Wird in zwo ähnlichen Verhältnissen das zweyte Glied durch das erste dividiret: so sind die daher entstehenden Brüche und Quotienten einander gleich. Also ist $\frac{437}{131} = \frac{10}{3}$. Daraus nun, daß der Raum der in einem Cubiczolle Pulver verschloßnen Luft $\frac{3}{10}$ des Cubiczolls beträgt, und der Raum, in welchen sich diese Luft verbreitet, aus 244 Cubiczollen bestehet, zeigt der Herr Professor **Euler**, daß die Luft im Pulver vor der Entzündung 813mal mehr zusammen gedrückt gewesen sey. Denn wie sich der Raum der Luft im Pulver vor der Entzündung zum Raume dieser Luft nach der Ent-

zündung verhält: so verhält sich umgekehrt die Dichtigkeit der Luft in dem Raume nach der Entzündung, in welchem sie mit der ordentlichen Luft einerley Dichtigkeit hat, zur Dichtigkeit der Luft im Pulver vor der Entzündung. Der Raum der Luft im Pulver ist $\frac{3}{10}$, und der Raum nach der Entzündung 244, und die Dichtigkeit in dem Raume, in welcher die Luft durch die Entzündung vertheilet worden ist, wird als 1 betrachtet. Demnach $\frac{3}{10} : 244 = 1 : 813$. Denn das vierte Glied entstehet, da man das Product aus dem zweyten und dritten durch den umgekehrten Bruch als das erste Glied multipliciret, und in dem daher entstehenden Bruche den Zähler durch den Nenner dividiret. Das vierte Glied ist also $244 \times \frac{10}{3} = \frac{2440}{3} = 813$. Weil der umgekehrte Bruch, durch welchen das Product aus dem zweyten und dritten Gliede multipliciret wird, $\frac{10}{3}$ ist: so sagt der Herr Professor Euler, die Luft im Pulver vor der Entzündung sey $\frac{10}{3}$mal mehr zusammen gedrückt.

Da die Hitze, welche in der Entzündung des Pulvers entstehet, der Hitze des glüenden Eisens gleich zu schätzen ist: so ist die Elasticität der im Pulver verschloßnen Luft im ersten Augenblicke der Entzündung zur Elasticität dieser Luft vor der Entzündung, da sie die gewöhnliche Wärme hat, wie 796 zu $194\frac{1}{3}$ (S. 129) und ist also $\frac{2388}{583}$mal größer. Denn

796

796 zu 194¼ ist wie 2388 zu 583. Da nun Herr Robins die im Pulver verschloßne Luft nur für 244mal dichter hält: so ist nach seiner Rechnung ihre Elasticität im ersten Augenblicke der Entzündung des Pulvers blos 999¼, oder nach einer vollen Zahl 1000mal größer, als die Elasticität der Luft, in welcher wir leben k). Nachdem wir aber gesehen haben, daß die Luft im Pulver 813mal dichter ist, als die natürliche Luft: so haben wir die Elasticität der im Pulver eingeschloßnen Luft im ersten Augenblicke der Entzündung desselben für 3330mal größer anzusehen, als die Federkraft der Luft, in welcher wir Athem holen. Wirkt demnach diese Luft auf eine gewisse Fläche: so ist die Gewalt ihrer Elasticität 3330mal größer als der Druck der auf dieser Fläche liegenden Luftsäule. Z. E. eine Fläche eines pariser Quadratzolles wird von der auf ihr liegenden Luftsäule mit einer Last von 12 pariser Pfunden 11 Unzen und 112 Gran gedrückt (S. 64), wenn die Barometerhöhe 28 Zoll beträgt. Gegen diese Fläche würde also die Luft im Pulver im ersten Augenblicke der Entzündung durch ihre Elasticität mit einer Gewalt wirken, welche 3330mal so stark wäre, als 12 Pfund, 11 Unzen und 112 Gran.

k) Im VI Satze, S. 101.

§ 61.

Wie stark die Elasticität der in den Körpern verschloßnen Luft vor ihrer Erzeugung sey.

Die in den Körpern verschloßne Luft, welche durch gewisse Mittel aus denselben hervorgebracht wird, ist oben (§. 59) die erzeugte genennet worden. Wenn man also die Luft in dem Zustande betrachtet, da sie in den Körpern verschlossen bleibt, uud durch keine äußerliche Ursache gezwungen wird, ihren Raum in denselben zu verlassen: so kann man sagen, man betrachte sie in dem Zustande vor ihrer Erzeugung. Da sie nun in diesem Zustande ungemein dicht ist: so fragt es sich, ob sie auch eine ihrer Dichtigkeit gemäße Elasticität habe? In Betrachtung dessen, daß man nicht siehet, wie sie durch Gähren, durch Destilliren, durch Anzünden so groß werden könnte, wenn sie nicht zuvor, ehe diese Mittel angewendet werden, durch die Zusammendrückung und Dichtigkeit der Lufttheilchen eine gewisse Stärke erhalten hätte, scheint es, die Frage sey mit ja zu beantworten. Die Wirkungen des Pulvers sind so groß, daß man die Stärke der elastischen Kraft, mit welcher die Luft in der Entzündung desselben hervorbricht, nicht aus der bloßen Hitze herleiten kann. Die Versuche haben deutlich gezeiget, daß die Federkraft der Luft durch die

Hitze

Hitze des glüenden Eisens eine nicht viel grössere, als vierfache Verstärkung bekömmt (§. 49). Man muß diese Verstärkung durch die Dichtigkeit multipliciren, wenn man die Wirkung des angezündeten Pulvers aus der elastischen Kraft der Luft erklären will. Nach der Rechnung des Herrn Professor Eulers ist die Luft im Pulver vor der Entzündung 813 mal dichter, als die natürliche Luft (S. 168). Hätte die Luft in dieser Dichtigkeit nicht eine eben so große Elasticität: so wäre nicht abzusehen, woher das Pulver seine große Gewalt erhalten sollte. Der Herr Professor Euler sagt l), die Gewalt des Pulvers beruhe auf diesen zween Puncten: erstlich auf der Menge der subtilen elastischen Materie, die mit der Luft, nach Anzeige der Versuche, einerley sey, und aus einer gegebnen Quantität Pulver durch die Entzündung erzeugt werde; und zweytens auf der Plötzlichkeit der Entzündung. Je mehr also Luft in dem Pulver enthalten sey, ie grösser sey auch die Dichtigkeit derselben, und folglich werde auch die Ausdehnungskraft, worinnen die Gewalt des Pulvers bestehe, um so viel grösser.

Fragt man aber, wie die Luft bey ihrer so starken Federkraft in einem Körper verschlossen

l) In der Anmerkung über Herrn Robins XIII Satz, S. 399.

sen bleiben könne? So lässet sich die Antwort nicht so leicht ertheilen. Man siehet nicht, wie die Theile, zwischen welchen die so sehr zusammen gedrückte Luft in einem Körper verschlossen ist, einen so festen Zusammenhang haben sollten. Hales ist daher auf die Meynung gerathen, so lange die Luft in einem Körper verschlossen wäre: so befänden sich ihre Theilchen nicht in dem Zustande der Elasticität, da sich eines von dem andern zu entfernen sucht. Er erläutert seine Meynung durch zwey Exempel, in welchen er die Stärke berechnet, mit welcher die Luft gegen den Zusammenhang der Theile, zwischen welcher sie versteckt ist, wirken würde, wenn ihre Elasticität ihrer Dichtigkeit gemäß wäre m). Das erste Exempel sind die 968 Cubiczolle Luft, die aus 26 Cubiczollen zerstoßnen Aepfeln in 13 Tagen durch die Gährung hervorgekommen sind (S. 140). Der Raum dieser erzeugten Luft ist 48mal so groß, als der Raum der Aepfel. So lange demnach diese Luft in den Aepfeln gesteckt hat, so ist sie vor der Erzeugung 48mal dichter gewesen, als nach derselben. Die Kraft, wodurch diese Luft in den Aepfeln zusammen gedrückt wird, muß demnach so stark seyn, als die Schwere von 48 Luftsäulen, wenn das Quecksilber im Barometer 30 englische Zoll hoch

m) In der Static der Gewächse, im VI Hauptstücke, in dem 89sten Versuche.

hoch stehet. Da nun ein Cubiczoll Quecksilber 3580 Grän wiegt: so sind 30 Cubiczoll 15 Pfund, 5 Unzen und 215 Grän. Und dieses ist die Last einer Luftsäule auf die Fläche von einem Quadratzolle. Der Druck von 48 solchen Luftsäulen ist demnach 736 Pfunden gleich. Mit einer so großen Kraft müßte also die Luft unter einem Quadratzolle im Apfel zusammen gedrückt werden, wenn ihre Elasticität der Dichtigkeit gemäß wäre. Wollen wir die ganze äußere Fläche des Apfels auf 16 Quadratzoll schätzen: so würde die ganze Kraft, womit die im Apfel verschloßne Luft zusammen gedrückt würde, einem Drucke von 11776 Pfunden gleich seyn. Mit einer so großen Kraft müßte demnach die Luft im Apfel bemühet seyn, wenn sie eine Elasticität hätte, welche die Dichtigkeit erfodert. Aber eine so große Elasticität, sagt Hales am Ende der Berechnung, könnte nicht einen Augenblick im Apfel bleiben. Er müßte zerbersten und in Staub verwandelt werden. Das zweyte Exempel sind die 128 Cubiczolle Luft, welche Hales aus einem halben Cubiczolle Eichenholze durch Destilliren herausgebracht hat (S. 140). Der Raum dieser Luft ist also 256mal so groß, als der Raum des Holzes. Sollten diese 256 Cubiczolle Luft eine Elasticität gehabt haben, da sie im Raume eines Cubiczolls eingesperrt waren: so müßten sie gegen iegliche Seite des Cubiczolls mit einer Federkraft gedrückt haben,

ben, die dem Drucke eines Gewichts von 3310 Pfunden gleich wäre. Sollte nicht eine so große Kraft, sagt Hales, alle Theilchen des Holzes von einander getrennet haben? Hales meynet daher, die meisten Theilchen der erzeugten Luft hätten keine Elasticität gehabt, so lange sie im Holze verborgen gewesen wären, und hätten erst durch das Feuer die Bestrebung erhalten, da ein Theilchen das andere von sich zu stoßen suchet.

Es ist schwer zu entscheiden, welche Meynung der andern vorzuziehen sey. Die Stärke, womit die kleinsten Theile der Körper unter einander zusammen hängen, ist uns nicht genug bekannt. Die Lufttheilchen, welche aus einem Cubiczolle Pulver durch die Entzündung hervorbrechen, sind vor derselben durch die allerkleinsten Hölen in den Materien, die im Pulver mit einander vermischt sind, vertheilet. Wenn sie allesammt in einem Raume beysammen wären, welcher von den Materien, woraus eine gewisse Masse z. E. ein Cubiczoll bestehet, umschlossen würde: so könnten sie vielleicht dadurch, daß sie ihre Kräfte mit einander vereinigten, den Widerstand und den Zusammenhang dieser Materien überwinden. Aber da sie durch die Vertheilung gehindert werden, daß sie ihre Kräfte nicht mit einander vereinigen können: so ist vielleicht keines für sich vermögend, die kleinsten Theile des Pulvers,

zwischen

zwischen welchen es in einer Höle verschlossen ist, von einander zu trennen. Jegliches kleinstes Lufttheilchen behält, in der Absonderung von den andern, seine Kraft und Stärke, ist aber dadurch nicht vermögend, aus seiner Höle hervor zu brechen.

Das fünfte Hauptstück.

Ob die Luft ihre Elasticität in gewissen Umständen verliere.

§. 62.

Die Dauer der Elasticität in verdünnter und zusammengedrückter Luft.

Zur Zeit hat man weder in verdünnter noch in zusammengedrückter Luft, die man in verschloßnen Gefäßen ganze Monate und Jahre aufbehalten hat, ein Merkmal einer veränderten Elasticität wahrgenommen. Robert Boyle hat verschiedne Versuche und Beobachtungen angestellet, wodurch er zu erfahren gesucht hat, ob sich in verdünnter und ausgedehnter Luft die Elasticität mit der Zeit ändere: gestehet aber in der Erzählung dieser Versuche, daß er nicht vollkommen damit zufrieden

den sey n). Er strich die Luft aus einer dünnen Blase, und band sie am Halse feste zu, und brachte sie unter die Glocke auf der Luftpumpe. Bey dem Auspumpen der Luft unter der Glocke dehnte sich die wenige Luft, die in der Blase zwischen ihren Falten zurück geblieben war, so weit aus, daß die Blase strotzte. Sie ward unter der Glocke in einem Gefäße dergestalt eingeschlossen, daß keine Luft von außen in das Gefäße dringen, und die Blase zusammen drücken konnte. In diesem Zustande ist sie beynahe zwey Jahre geblieben, ohne daß sich einige Falten gezeigt hätten. Ohngefehr ein Jahr darnach hat er dieses Gefäß mit der Blase von neuem gefunden, und es einigen Zuschauern gewiesen. Auch nach dieser Zeit hat die Blase noch völlig gestrotzet. Wie lange die elastische Kraft in zusammengedrückter Luft daure, das hat der französische Mathematicus, Herr von **Robervall**, durch Hülfe einer Windbüchse untersucht o), worein er mit Gewalt eine Menge Luft gestoßen hat. Diese Luft ist 16 Jahre lang in dem Windbehältnisse verschlossen geblieben. Nach dieser Zeit schoß er damit, und fand in der Federktaft der Luft nicht die geringste Verminderung. **Peter Musschenbroek** hat die Luft durch eine Last Queck=

n) Obseruata noua circa durationem virtutis elasticae aëris expansi.

o) *Du Hamel* in Hist. Acad. Paris. l. 1. Sect. I. c. 1.

Quecksilber in eine gläserne Röhre zusammen gedrückt, und drey Jahre lang Achtung gegeben, ob die Elasticität der eingeschloßnen Luft p) schwächer werden würde (Tab. III. Fig. 1). Die Röhre war 8 Schuh lang, und unten gebogen. Der kurze Arm war oben zugeschmolzen. In den langen Arm goß er Quecksilber bis x, und versiegelte ihn gleichfalls hermetisch, und bemerkte bey der Höhe, welche das Quecksilber in dem kurzen Arme hatte, die Wärme, welche damals das Thermometer zeigte. Von dieser Zeit an hat er drey Jahre hindurch alle Tage die Höhe des Quecksilbers im kurzen Arme beobachtet, und allemal, wenn die Wärme den Grad hatte, welchen sie am ersten Tage gehabt hat, wahrgenommen, daß auch die Höhe des Quecksilbers im kurzen Arme mit der Höhe, auf welcher es anfangs gestanden hat, einerley gewesen ist.

§. 63.

Es ist zu untersuchen, ob nicht die Luft durch Vermischung gewisser Materien ihre Elasticität verliehre.

Die eingeschloßne Luft, an deren Elasticität man zur Zeit keine Veränderung wahrgenom-

p) Essai de Physique, §. 1404. p. 692.

nommen hat, ist von der Wirkung äußerlicher Materien frey gewesen. Dergestalt ist zu untersuchen, ob nicht Feuchtigkeiten und gewisse Dünste vermögend sind, unter den Lufttheilen eine Veränderung zu verursachen, wodurch ihre Elasticität zernichtet wird. Hales hat bey dem Athemholen, beym Destilliren, beym Gähren, beym Anzünden und Verbrennen, in der Luft dergleichen Veränderungen entdeckt, daß er daher auf die Gedanken gerathen ist, die Luft werde durch die Kräfte gewisser Materien in einen Zustand gebracht, da sie kein flüßiges und elastisches Wesen mehr sey. Ich will die vornehmsten Versuche nach einander vortragen, und sodann eine Untersuchung darüber anstellen.

§. 64.

Die Veränderung der Luft durch die Feuchtigkeiten der Lunge.

Hales erzählt q), D. Mayow habe wahrgenommen, daß von der Luft unter einem gläsernen Gefäße, unter welchem er eine Maus gehabt hat, der 14te Theil durch das Athemholen derselben sey zunichte gemacht worden. Hales hat diesen Versuch an einem recht warmen Tage wiederholet, da er auf das Gestelle unter

q) In der Static der Gewächse, im 6ten Hauptstücke, im 107 Versuche.

unter dem umgekehrten Glase zzaa (Tab. III. Fig. 7) eine völlig ausgewachsne Ratte in einem Gefäße gesetzt hat. Gleich anfänglich ist das Wasser unter dem Glase etwas gefallen, weil die Luft über dem Wasser durch die Wärme des Thieres ist ausgedehnet worden. Aber wenig Minuten darauf hat das Wasser angefangen zu steigen, und sich gehoben, so lange das Thier gelebt hat. Solches hat ohngefehr 14 Stunden gedauret. Der Raum des Gefäßes, worinnen die Maus gewesen ist, hat 2024 Cubiczoll Luft gehalten. Daran haben endlich 73 Cubiczolle, oder der 27ste Theil vom Ganzen, gefehlet. Er hat eine halb so große und halb so alte Ratte in einem Gefäße, dessen Raum 594 Cubiczoll hatte, auf das Gestelle gethan. Diese hat 10 Stunden gelebt. An der Luft haben zuletzt 45 Zolle gefehlt, das ist $\frac{1}{13}$ vom Ganzen. Ein drey Monat alte Katze hat unter dem Gefäße nur eine Stunde gelebt. Und es haben 16 Cubiczoll Luft gefehlt, das ist der dreyßigste Theil vom Ganzen.

Hales hat sodann einen Versuch mit seinem eignen Athem vorgenommen, und folgende Zurüstung (Tab. IV. Fig. 3) dazu gemacht r). Er nahm einen großen Heber ossb, und befestigte an das Ende desselben den Hahn ba mit

 einem

r) Im 110ten Versuche.

einem Ventile in b, und stellte Hahn und Heber in ein großes Gefäß voll Wasser, und machte sie am Gefäße bey s und s feste. Das äußerste Ende vom Hahne blieb nur zween Zoll hoch vom Wasser unbedeckt. An den Hahn ba war noch ein anderer Hahn ii mit einem Ventile r gefügt. Und an diesen zweyten Hahn war noch ein kurzer Heber von Bley ef vermittelst einer Blase g angebracht. Auf das Ende f satzte er einen großen Recipienten dd voll Wasser; und auf das Ende des großen Hebers bey o einen Recipienten voll Luft, dessen Hals im Wasser steckte. Der Raum der Luft bestand aus 1222 Cubiczollen. Da nun alle diese Stücke in gehöriger Verbindung waren: so drückte Hales die Nase zu, faßte den Hahn am Ende a mit dem Munde, und zog einen Theil von der im Heber ossb und im Recipienten c befindlichen Luft in sich. Diese eingesogne Luft hauchte er wieder von sich, und trieb sie durch das Ventil r in den Heber ef. Denn durch das Ventil b konnte sie in den großen Heber s nicht zurück gehen. Aus dem Heber ef gieng sie in den Recipienten dd, in welchem das Wasser bey ihrem Aufsteigen fiel. Auf diese Art zog er die ganze Luft, die im Recipienten c und im Heber ossb war, bis auf 5 oder 6 Zoll, nach und nach in sich, und trieb sie in den Recipienten dd. Und in der Maaße, wie die Luft aus dem Recipienten c gieng, stieg das Wasser in demselben. In

dem

dem Recipienten dd bemerkte er den Punct, wie weit das Wasser gefallen war. Diesen Recipienten steckte er ganz unter Wasser, und ließ die in demselben gesammlete Luft in den andern Recipienten gehen, damit er aus dem Raume, welchen sie darinnen einnahm, urtheilen konnte, ob ihre Größe sich vermehret oder vermindert hätte. Auch maaß er zu desto genauerer Richtigkeit den Raum, welchen die in Mund und Lunge gezogne und wieder herausgestoßne Luft im Recipienten dd eingenommen hatte, und goß Wasser hinein bis zu dem gemachten Merkmale. Hierzu rechnete er auch noch den Raum der Luft, welche im Heber gewesen war. Denn dieser war gegen das Ende des Saugens voll Wasser geworden. Hierdurch zeigte es sich, daß an den 1224 Cubiczollen Luft 18 Cubiczolle mangelten. Weil diese Recipienten zu klein waren, daß der Versuch nicht genau genug gemacht werden konnte, und im Ausmessen gar leicht ein Fehler einschleichen konnte: so setzt Hales den Mangel der Luft nur auf 9 Zoll, das ist, auf den 136sten Theil der ganzen in die Lunge gezognen und wieder herausgestoßnen Luft. Zuvor hat Hales einen Versuch mit Athemholen gemacht s), da er das dicke Ende am hölzernen Hahne ab in eine weiche Blase steckte, und die Blase an diesem Ende wohl verband. Das

s) In dem 108ten Versuche.

dünne und enge Ende am Hahne nahm er in den Mund, und blies die Blase voll Luft, daß sie stark ausgespannt wurde. Endlich hielt er die Nasenlöcher zu, daß er keine andere Luft holen konnte, als aus der Blase. Es vergieng kaum eine halbe Minute, da ihm das Athemholen schwer wurde. Am Ende der Minute konnte er aus der Blase nicht mehr Athem holen. Es war, als wenn er ersticken sollte. Die Blase war so welk und schlapp, daß er sie mit einem einzigen Ausathmen nicht halb ausfüllen konnte. So kurzathmig war er geworden. Er fühlte es gar merklich, daß seine Brust dermaßen niedergefallen war, als wenn ein Mensch auf einmal alle Luft aus der Lunge bläst. Der Raum der Blase hielt 74 Zoll. Die Hölen in den Luftbläschen der Lunge fassen ohngefehr 166 Cubiczolle Luft t). Der ganze Raum in der Lunge und Blase ist also 240 Cubiczoll gewesen. Da Hales am Ende der Minute mit einem einzigen Ausathmen die Blase nicht bis auf die Hälfte hat ausfüllen können: so haben an den 74 Cubiczollen Luft, womit sie anfangs ausgefüllt war, 37 Cubiczolle gemangelt. Hales setzt diesen Mangel nur auf 20 Zoll. Dergestalt wäre derselbe der 12te Theil der respirirten Luft.

§. 65.

t) In dem 109ten Versuche.

§. 65.

Die durch gewisse Dünste entstehende Veränderung in der natürlichen Luft.

Verschiedne Dünste, die durch Gähren, Destilliren und Verbrennen aus gewissen Körpern erzeugt werden, machen in eingeschloßner Luft ebenfalls die Veränderung, daß ihr Raum abnimmt. Hales u) legte auf das Gestelle unter dem umgekehrten Glase (Tab. III. Fig. 7) große Lunten, die aus alten Leinwandlappen gedrehet waren und in geschmolznem Schwefel gelegen hatten, und zündete sie mit einem Brennglase an. Die Luft im Glase über der Wasserfläche zz nahm einen Raum von 2024 Cubiczollen ein. Aber nach Verbrennung der Lunten fehlten 198 Cubiczolle. Dieser von der Luft verlaßne Raum, welcher den zehnten Theil von dem vorigen austrug, war mit Wasser erfüllt. Hales deckte über das Gestelle ein kleineres Gefäße zzaa, daß die Luft unter ihm über der Wasserfläche zz nur einen Raum von 594 Cubiczollen inne hatte. Dieser Raum ward nach Verbrennung der Lunten 150 Cubiczolle, das ist, ein Viertheil vom Ganzen, kleiner. Das in die Höhe gestiegne Wasser erfüllte dieses Viertheil. Er hat angezündete Lichter unter dem Gefäße brennen lassen, und eben dergleichen Vermin-

u) In dem 103ten Versuche.

derung des Luftraums wahrgenommen. Ich will etliche Versuche anführen, die mit dem Gähren oder mit der Fermentation in dem Kolben b angestellet worden sind (Tab. III. Fig. 6). Hales goß einen Cubiczoll Scheidewasser über ¼ Cubiczoll Eisenfeilspäne, einen halben Cubiczoll Hirschhorn-Spiritus über Feilspäne von Kupfer, vier Cubiczolle weißen Weinessig über zween Cubiczolle ungelöschten Kalk, vier Cubiczolle Wasser über zween Cubiczolle ungelöschten Kalk. Der Luftraum über der Wasserfläche z verlohr durch die Gährung des Scheidewassers und der Eisenfeilspäne binnen 4 Tagen 27 Cubiczolle x), durch die Gährung des Hirschhornspiritus und der Feilspäne von Kupfer 3 Cubiczolle y), durch die Gährung des weißen Weinessigs und ungelöschten Kalkes in 15 Tagen 22, und des Wassers und ungelöschten Kalkes in 3 Tagen 10 Cubiczolle z). Durch die Vermischung von zween Cubiczollen Kalke mit zween Cubiczollen Salmiac stieg ein Rauch auf, wodurch der Luftraum um 115 Cubiczolle abnahm a). Durch die Gährung eines Cubiczoll Scheidewassers und eines Cubiczoll pulverisirten Kieselsteins wurde der Luft-

x) Im 93sten Versuche.

y) Im 95sten Versuche.

z) Im 100oten Versuche.

a) Im 100oten Versuche.

Luftraum in 5 bis 6 Tagen um 12 Cubiczolle vermindert b). Und die im Scheidewasser und eben so viel gemeinem Wasser, und eben so viel Pulver von Kieselsteinen entstandne Gährung benahmen der Luft einen Theil ihres Raums, welcher 16mal so groß war als der Raum der gährenden Materien c). Im Destillirkolben r (Tab. III. Fig. 5) hat sich ein Quentchen Sal volatile aus Salmiac gezogen bey gelinder Wärme gar bald ausgedehnt. Die Luft im Recipienten ist endlich doppelt so stark ausgedehnet worden, als bloße erhitzte Luft an und für sich selbst ist. Und doch hat Hales wahrgenommen, daß der Luftraum drittehalb Cubiczolle abgenommen hat d). Zween Grän Phosphorus sind in der Retorte r zerflossen, da sie vom Feuer noch etwas abgestanden haben. Da sie sich entzündet, und die Retorte mit einem Nebel erfüllet haben: so hat der Luftraum 3 Cubiczolle verlohren. Zween Gräne brennender Phosphorus (Tab. III. Fig. 7) haben sich im großen Recipienten in einen Raum von 60 Cubiczollen ausgebreitet. Darnach aber ist der Luftraum 28 Cubiczoll kleiner geworden e). Auch der Raum, durch welchen die aus gewissen Materien erzeugte Luft sich verbreitet,

M 5 nimmt

b) Im 98sten Versuche.

c) Im 98sten Versuche.

d) Im 52sten Versuche.

e) Im 54sten Versuche.

nimmt wiederum ab, ohne daß die Luft aus den Gefäßen einen Ausgang gewinnet. In der Gährung, worein Hales verschiedne Materien hat gerathen lassen, hat er folgende Verminderungen gefunden. Ein halber Cubiczoll Austerschalen mit saurem Safte von großen Pomeranzen hat den ersten Tag in der Gährung 8 Cubiczolle Luft gegeben. Die folgenden Tage hat der Luftraum in die 21 Cubiczolle wieder abgenommen f). Aus 26 Cubiczollen zerstoßnen Aepfeln sind in 13 Tagen 968 Cubiczolle Luft gekommen. Drey oder vier Tage darauf ist der vermehrte Luftraum bey heißen Wetter um 28 Cubiczolle wieder kleiner geworden g). Ein halber Cubiczoll Oel von Spießglas und eben so viel Scheidewasser haben 36 Cubiczolle Luft gegeben. Aber den folgenden Tag ist der Luftraum um 36 Cubiczolle vermindert worden h). Ein Drittheil Cubiczoll ganze Kreide mit zween Cubiczollen Spiritus Salis vermischt haben den Luftraum mit 81 Cubiczollen vermehret. Aber in 9 Tagen hat sich an diesem Raume ein Abgang an 36 Cubiczollen gezeiget i). Aus 12 Cubiczollen trocknen Rosinen aus Mallaga, und

f) Im 83sten Versuche.

g) Im 87sten Versuche.

h) Im 92sten Versuche.

i) Im 100sten Versuche.

und 18 Cubiczollen Wasser sind vom zweyten März bis zum 16 April 411 Cubiczolle erzeuget worden. Aber in zween bis drey Tagen haben an diesem Luftraume 35 Cubiczolle gefehlet. Vom 21 April bis zum 16 May ist der Luftraum wieder 78 Cubiczolle gewachsen; und bis zum 9 Junius hat er wieder 13 Cubiczolle eingebüßt. Diese Zeit hindurch sind heiße Tage und Donnerwetter gewesen. Die erzeugte Luft zusammen hat den Luftraum mit 489 Cubiczollen vermehret. Die wieder erfolgte Verminderung dieses Raums hat 48 Cubiczolle ausgetragen k). Ein halber Cubiczoll Salmiac und ein Cubiczoll Vitriolöl haben durch die Gährung den Luftraum den ersten Tag um 5 bis 6 Zoll vergrößert. Aber die folgenden Tage hat derselbe 15 Cubiczolle an seiner Größe verlohren, und ist in diesem Zustande viele Tage lang geblieben l).

§. 66.

Ob aus der Abnahme des Luftraums folge, daß die Elasticität der Luft in gewissen Theilen vernichtet worden sey.

Da die Luft in allen diesen Versuchen in einem verschloßnen Raume gewesen ist, welcher ihr keinen Ausgang verstattet hat: so hat sie an

k) Im 86sten Versuche.

l) Im 82sten Versuche.

an der Menge ihrer Theile, die anfänglich, ehe Feuchtigkeiten und Dünste in sie eingedrungen sind, den Raum ausgefüllet haben, keinen Verlust erlitten. Man sollte meynen, die eindringenden Dünste hätten die Luft weiter auseinander treiben, und also den Raum vergrößern sollen. Da nun das Gegentheil geschehen ist: so kann man nicht anders denken, als daß die Lufttheile, die durch eine gewisse Verbindung untereinander eine ausgedehnte und elastische Materie ausgemacht haben, durch die eingedrungnen Dünste von einander müssen getrennet, und dadurch gezwungen worden seyn, daß sie in die Hölen und Zwischenweiten der Dünste und der Materien, woraus die Dünste hervorgekommen sind, ihren Gang genommen und sich darinnen versteckt haben. Das ist es, wenn Hales sagt, die Luft wäre **von den Dünsten** und Feuchtigkeiten verschlungen worden. Auf diese Art läßt sich die Abnahme des Luftraums in den Gefäßen erklären. Solchergestalt kann die übrige Luft nicht die vorige Stärke der Elasticität behalten haben. Nun fragt es sich, ob die abgesonderten Lufttheile, welche in die Hölen der Dünste und aufgelößten Materien eingegangen sind, ihre Elasticität verlohren haben? Hales glaubt dieses. Aber wie sollen sie zu andrer Zeit wieder in den Zustand kommen, daß sie aufs neue ein flüßiges und elastisches Wesen ausmachen? Das läßt sich nicht erklären, wenn man sagt,

ihre Elasticität sey völlig vernichtet worden. Zur Abnahme des Raums, welchen eine verschloßne Luft einnimmt, und zur Verminderung ihrer Elasticität ist es genug, wenn sie durch die Kraft eindringender Dünste und Feuchtigkeiten in Theile aufgelößt wird, die sich in die Räumchen und Zwischenweiten der Dünste verkriechen. Sie können dem ohngeachtet einen gewissen Grad der Elasticität behalten. Hales meynt m), die verlohrne Elasticität würde den Lufttheilchen, die mit den Dünsten und Körpern wären vereiniget worden, durch das Feuer, oder durch die Gährung wiedergegeben. Hierdurch erhielten sie die Kraft, womit sie bemühet wären, sich von einander zu entfernen. Wie aber Wärme und Gährung eine Kraft, die völlig aufgehöret haben soll, hervorbringen könne, davon giebt Hales keine Erklärung. Viele Gährungen verursachen in eingeschloßner Luft eine beständige Abwechselung in der Ab- und Zunahme des Raums. Hales vermischte einen Cubiczoll Citronensaft mit eben so viel Hirschhornspiritus. In 4 Stunden wurden 3 bis 4 Cubiczolle Luft verschluckt. Den folgenden Tag kamen wieder zween Cubiczolle hervor. Den dritten Tag, da es nach einer mäßigen Wärme kalt ward, wurde diese Luft abermal verschlungen. Und dieser Zustand dauerte einen oder

zween

m) Am Ende des 89sten Versuches.

zween Tage n). Er goß einen Cubiczoll Scheidewasser und ¼ Cubiczoll Wasser auf ¼ Cubiczoll Eisenfeilspäne. In einer halben Stunde wurden 5 bis 6 Cubiczolle Luft verschlungen. In einer Stunde darauf kam eben so viel Luft zurück. In den nachfolgenden zwo Stunden ward sie wieder verschlungen. Den folgenden Tag wurden noch 12 Cubiczolle verschluckt. Sodann blieb diese Mischung in die 20 Stunden in Ruhe. Darauf wurden 3 bis 4 Cubiczolle Luft hervorgebracht. Die Mischung kam wieder in Ruhe, und blieb darinnen 5 bis 6 Tage o). Er goß einen Cubiczoll Scheidewasser auf gleich viel pulverisirte Kohlen von Newcastle. In 3 Tagen wurden 18 Cubiczolle Luft verzehret, und in den folgenden 3 Tagen 12 Cubiczolle wieder erzeuget p). Man siehet nicht, wie die bloße Gährung vermögend seyn sollte, unelastische Luft in elastische zu verwandeln. Daraus, daß der Luftraum nach der Abnahme in diesen fortgesetzten Gährungen wechselsweise wieder zugenommen hat, ist vielmehr abzunehmen, daß die verschluckten Lufttheilchen noch einen gewissen Grad der Elasticität gehabt, und durch die im Gähren entstandne Wärme und der übrigen Bewegungen eine Verstärkung erhalten haben.

n) Im 84sten Versuche.

o) Im 94sten Versuche.

p) Im 98sten Versuche.

Das siebente Hauptstück.

Von der Ausdehnung und Verdünnung der Luft durch ihre alleinige elastische Kraft.

§ 67.

Die Ausdehnung der Luft unter der Glocke auf der Luptpumpe.

Weil das Auspumpen der Luft darinnen bestehet, daß man in einem Cylinder der Lumpumpe einen leeren Raum macht, in welchen sich die Luft aus einer aufgesetzten Glocke durch ihre elastische Kraft ausdehnen kann: so nimmt die Dichtigkeit der Luft unter der Glocke beständig ab, je länger man die Luft, die aus ihr in den Cylinder dringet, aus demselben in die freye Luft treiben kann. Niemals aber kann man durch die Luftpumpe eine Glocke auf ihr völlig von Luft leer machen. Denn in den leeren Raum des Cylinders dringet die Luft aus der Glocke nur so lange, als sie unter derselben dichter ist, als im Cylinder. Sobald sie in beyden Räumen gleich dünne ist: so ist ihre Elasticität in dem einen so stark als in dem andern. Dergestalt muß

muß der Raum unter der Glocke immer mit Luft erfüllt bleiben, die aber immer dünner wird, ie kleiner der Raum der Glocke und ie größer der Raum im Cylinder ist. Der Engeländer, Herr J. Smeaoton, hat mit seiner Luftpumpe, deren Einrichtung der Herr Professor Kästner in seinen Anfangsgründen der angewandten Mathematic, in der Aerometrie §. 50. S. 120-124. beschreibet, die Luft unter einer Glocke in die tausendmal verdünnet. Das Maaß dieser Verdünnung hat er durch ein Werkzeug gefunden, von welchem Herr Professor Kästner §. 57. folgende Beschreibung giebt (Tab. IV. Fig. 5). Selbiges ist ein hohles gläsernes Gefäße AB, das unten offen ist, und ohngefehr die Gestalt einer Birne hat, und sich in einer gläsernen Röhre BC endiget, die oben zugeschmolzen ist. Es hält etwa ein halbes Pfund Quecksilber. Smeaoton hat vermittelst einer scharfen Wage untersucht, wie sich das Gewichte einer Quecksilbersäule, die im Rohre eine gegebne Länge einnimmt, zum Gewichte des ganzen Quecksilbers, welches im ganzen Gefäße Raum hat, verhält. Dadurch hat er an dem Rohre Abtheilungen machen können, deren iede ein Tausendtheilchen des Innhalts des ganzen Gefäßes anzeigt. Eine solche Abtheilung beträgt ohngefähr $\frac{1}{10}$ eines Zolls, und läßt sich also leicht noch weiter in kleinere Theile eintheilen. Dieses Werkzeug, welches Smeaoton wegen

seiner

seiner Gestalt die Birnprobe nennt, wird vermittelst des Ringes D in der Glocke aufgehenkt. Wenn man mit der Pumpe so viel gearbeitet hat, als man für nöthig befindet: so stößt man die Probe nieder, bis ihr offnes Ende A in ein Gefäß mit Quecksilber kömmt, welches sich unter ihr befindet. Alsdenn läßt man Luft unter die Glocke, wodurch das Quecksilber in die Probe getrieben wird, bis die in der Probe zurückgebliebne Luft, die eben so dünne ist, als die nach dem Auspumpen unter der Glocke rückständige Luft, eben so dicht wird, als die äußere. Diese Luft in der Probe setzt sich also oben in die Röhre. Aus der Anzahl der Abtheilungen, welche sie einnimmt, kann man urtheilen, wie viel sie dünner als die äußere Luft damals gewesen seyn muß, da sie die ganze Probe ausfüllte. Der birnförmige Theil der Probe kann von seinem Quecksilber leer gemacht werden, ohne daß das Quecksilber in der Röhre weggenommen wird. Und wenn man die Röhre horizontal hält: so läßt sich die Luft an ihrem verschloßnen Ende von der Quecksilbersäule zusammen drücken.

Boyle hat im Jahre 1662 den 2 Junius mit dem Wallisius wahrgenommen, daß sich eine kleine Luftblase in einen 13769mal größern Raum ausgedehnet hat. Er erzählt diese Beobachtung in einem Briefe an einen guten

Freund unter dem Titel: mira aëris (etiam citra calorem) rarefactio detecta; in dem zweyten Versuche. Er nahm eine gläserne Kugel mit einem langen und zarten Halse, die an dem Feuer der Lampe war geblasen worden, und 80 Gran Wasser in sich hielt, und kehrte sie um und steckte den Hals in ein Gefäß voll Wasser. Dieses Gefäß mit der Kugel satzte er unter eine Glocke auf der Luftpumpe. Bey dem Auspumpen der Luft unter der Glocke kamen aus dem Wasser viele Luftblasen, welche durch ihre Ausdehnung das ganze Wasser aus der Kugel trieben. Boyle ließ wieder Luft unter die Glocke. Die Kugel ward gleich durch das eindringende Wasser ausgefüllt, daß die ganze ausgedehnte Luft in ein Bläschen zusammen gedrückt wurde, welches kaum größer war als ein Nadelköpfchen. Hierauf nahm er die Kugel aus dem Wasser, kehrte sie um, damit das Bläschen durch den Hals in die Höhe steigen konnte. Dieses Räumchen füllte er sorgfältig mit luftleerem Wasser aus, kehrte die Kugel wieder um, steckte den Hals in das volle Wassergefäße, und deckte die Glocke darüber. Nach etlichen Zügen der Luft sahen Boyle und Wallisius, daß eine sehr merkliche Luftblase in den Hals gieng. Man ließ wieder Luft unter die Glocke. Die Blase zog sich in ein Bläschen zusammen, welches fast unkenntlich war, und stieg in den Kopf des Glases. Die Glocke ward wiederum rein ausgepumpt.

gepumpt. Da sahen sie, wie sich die Blase dergestalt ausdehnte, daß sie den ganzen Raum der Kugel erfüllte und fast das ganze Wasser heraus jagte. Man ließ von neuem Luft unter die Glocke. Die Luft in der Kugel zog sich in ein Bläschen zusammen, dessen Diameter nicht größer war, als $\frac{1}{22}$ des Diameters des Kopfs der Kugel. Nun verhalten sich die Massen der Kugeln gegen einander, wie die Cubi ihrer Diametrorum. Der Innhalt des Luftbläschens war also zum Innhalte der Kugel, wie 1 zu 10648. So vielmal war es demnach ausgedehnter, da es den Raum der Kugel ausfüllte. Es war aber auch damals zugleich durch den größten Theil des Halses ausgedehnet. Boyle und Wallisius füllten daher diesen Theil des Halses und den Raum der Kugel mit Wasser, und wogen beydes, und funden durch die Vergleichung der Gewichte, daß sich der inwendige Raum der Kugel zum Raume des Halses verhielt, wie 481 zu 141. Der Raum des Halses faßte das Räumchen, welches das Luftbläschen oben in der Kugel in der Zusammendrückung einnahm, $3121\frac{167}{481}$ mal. Denn $481 : 141 = 10648 : 3121\frac{167}{481}$. Die Summe der beyden Zahlen 3121 und 10648 zeigt an, daß das kleine Luftbläschen, worein die große aus dem Wasser in den Hals gestiegne Luftblase durch den Druck der unter die Glocke gelaßnen Luft verwandelt worden ist, nach Auspumpung

dieser Luft sich aus seinem kleinen Raume in einen 1376 mal größern ausgedehnet hat.

§. 69.

Die Größe der Ausdehnung der Luft nach Anzeige gewisser Versuche.

In der Untersuchung, wie weit sich die Luft durch ihre alleinige Federkraft ausbreite, ohne daß dieselbe durch Feuer und Wärme verstärkt wird, hat man zween Räume mit einander zu vergleichen: den einen, in welchem sie zusammen gedrückt ist, und den andern, in welchen sich die zusammengedrückte Luft ausdehnet. Je mehrmal demnach der erste in dem andern enthalten ist, oder ie mehrmal der andere den erstern in sich begreift, desto größer ist die Ausdehnung. Smeaoton hat die Luft, die in seiner Birnprobe unter der Glocke auf der Luftpumpe nach genugsamer Auspumpung annoch zurück geblieben war, durch Hülfe des Quecksilbers, welches er durch die unter die Glocke eindringende Luft in die Probe treiben ließ, in einen tausendmal engern Raum zusammen gedrückt. In diesem engen Raume war die Luft so dichte, als die Luft außer der Luftpumpe. Hieraus ist klar, daß die natürliche Luft, in welcher wir Athem holen, blos und allein durch ihre elastische Kraft tausendmal ausgedehnter und dünner werden kann. Boyle hingegen hat durch seinen Versuch, da er eine

aus

aus dem Wasser entstandne Luftblase durch den Druck der eindringenden Luft gegen dieses Wasser so dichte gemacht hat, als die äußere Luft war, eine 13mal größere Verdünnung wahrgenommen. Hales hat die natürliche Luft (S. 129) in einer Röhre in einen 38mal engern Raum zusammen gedrückt (S. 97. und 98). Da sich dieser Raum $\frac{1}{38}$ zum Raume 13769, in welchen sich die Luft in dem Boylischen Versuche ausgebreitet hat, wie 523222 verhält; so ist klar, daß eine Luft, welche 38mal dichter ist, als die natürliche, sich blos durch ihre Elasticität in einen 523222 mal größern Raum ausbreiten kann. Hales hat die natürliche Luft durch Hülfe der Kälte, wodurch das Wasser in Eis verwandelt wird, in einen 3357mal engern Raum zusammen gedrückt (S. 98 - 103). Nach der Erinnerung, welche Herr Professor Richmann im 1 Tomo der Nouorum Commentariorum Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae, S. 280. wegen des Unterscheids der Festigkeit zwischen dem geschlagnen und gegoßnen Eisen gemacht hat q), wollen wir nur die Hälfte

q) Die Bombe, in welcher Hales das Wasser hat gefrieren lassen, ist nur von gegoßnem Eisen gewesen. Nun sagt Richmann, die Festigkeit des gegoßnen Eisens verhalte sich zur Festigkeit des geschlagnen, welche Muſſchenbroek berechnet hat, wie 1 zu 2, und sey folglich nur halb so groß.

1678 setzen. Der Raum, in welchen die natürliche Luft durch die Gewalt der eismachenden Kälte zusammen gedrückt worden ist, mag also $\frac{1}{1678}$ Theilchen des Raums gewesen seyn, welchen die Luft in ihrem natürlichen Zustande vor der Zusammendrückung inne hatte. Das $\frac{1}{1678}$ Theilchen dieses Raums der natürlichen Luft verhält sich zum Raume der im Boylischen Versuche ausgedehnten Luft wie 1 : 23, 104, 382. Dergestalt kann sich die natürliche Luft aus einem Raume, in welchen sie durch die Gewalt des zu Eise gewordnen Wassers in einem verschloßnen Gefäße zusammen gedrückt worden ist, durch ihre Elasticität ohne Beyhülfe der Wärme in einen 23 Millionen mal größern Raum ausbreiten.

§. 70.

Die durch die Wärme im lauen Wasser vermehrte Ausdehnung der Luft.

Wenn das Wasser in dem Boylischen Versuche mit der Ausdehnung der Luft lau gewesen wäre: so würden noch weit kleinere Lufttheilchen aus demselben durch die von der Wärme verstärkte Elasticität hervorgekommen seyn, und sich in einen eben so großen oder noch größern Raum ausgebreitet haben. **Musschenbroek** hat zum öftern wahrgenommen, daß sich ein einziges Theilchen Luft, welches im lauen Wasser versteckt gewesen ist, unter der

Glocke

Glocke auf der Luftpumpe bey Auspumpung der Luft in einen 46, 656', 000, 000mal größern Raum ausgedehnet hat. Er erinnert aber dabey, daß dergleichen Lufttheilchen sich nicht allemal zu erkennen gäben r). Die Berechnung davon hat er in den Tentaminibus der florentinischen Academie der Wissenschaften, auf der 38 Seite in seinem Additamento vorgetragen. Der Diameter eines solchen kleinen Luftkügelchens, welches im Wasser anfänglich auf dem Boden des Gefäßes sich merken läßt, schätzt er dem Diameter eines menschlichen Hauptharres gleich, welches $\frac{1}{600}$ Theilchen eines Zolles ist. Dieses kleine Luftbläschen wird im Aufsteigen immer größer. Einige solcher Bläschen dehnen sich endlich in so große Blasen aus, daß ihr Diameter anderthalb Zollen gleich ist. Giebt man dem Zolle 600 Theilchen: so haben anderthalb Zolle 900 solche Theilchen. Dergestalt verhält sich der Diameter des auf dem Boden erscheinenden Luftbläschens zum Diameter der daraus gewordnen großen Luftblase wie 1 zu 900. Ehe aber ein Luftbläschen auf den Boden sichtbar wird: so ist sein Diameter weit kleiner als $\frac{1}{600}$ Theilchen eines Zolles. **Musschenbroek** meynt, man könnte ihn viermal kleiner, und folglich als $\frac{1}{2400}$ Theilchen eines Zolles annehmen. Demnach ist der Diameter eines solchen

r) In seinen Institutionibus Physicae, §. 1386.

chen im Wasser verborgnen Luftbläschens zum Diameter einer daraus entstehenden und oben auf dem Wasser zerspringenden Luftblase wie 1 zu 3600. Nun verhalten sich die Kugeln gegen einander, wie die Cubi ihrer Diameter. Also ist der Raum des unsichtbaren Luftkügelchens im Wasser zum Raume der großen Luftblase wie 1 zu 46, 656', 000, 000.

§. 71.

Die Ausdehnung und Verdünnung der Luft auf verschiednen Bergen, nach Anzeige der Barometerhöhen.

Je höher die Berge sind, desto niedriger stehet auf denselben das Quecksilber in dem Barometer. Wie man daraus siehet, daß wegen Abnahme der Länge der auf dem Quecksilber in offnem Gefäschen ruhenden Luftsäule der Druck der Luft schwächer ist: so ist auch zugleich klar, daß die Luft auf den Bergen dünner und ausgedehnter sey, und man die Größe dieser Ausdehnung und Verdünnung nach der Tiefe und Erniedrigung des Quecksilbers im Barometer zu schätzen habe. Ich will von den verschiednen Quecksilberhöhen, die man in der torricellianischen Röhre auf verschiednen Bergen in Frankreich beobachtet hat, aus Herrn Johann Lulofs, Professorn der Mathematic, Astronomie und Philosophie in Leiden, von dem Herrn Professor Kästner übersetzten Einleitung

leitung zu der mathematischen und physicalischen Kenntniß der Erdkugel, aus dem §. 199. die merkwürdigsten in folgender Tabelle anführen, in welcher die gemeßnen Höhen in pariser Schuhen die Höhen des Quecksilbers in pariser Zollen und Linien vorgestellet werden.

Namen der Berge		gemeßne Höhen der Berge	Quecksilberhöhen Z.	L.
Clairet in Provence		1662	26	$4\frac{1}{2}$
la Massane in Roussillon		2382	25	5
Bugarach in Languedoc		3888	24	$1\frac{1}{3}$
Pay de Dome in Clermont	in Auvergne	4860	23	4 1/[illegible]
la Coste		5106	23	4
la Courlande		5028	23	4
de Canigou	pyrenäische Berge	8646	20	$2\frac{1}{2}$
St. Bartholomäus		7140	21	$0\frac{1}{2}$
Mousset		7734	20	$10\frac{2}{3}$

Diesen Exempeln will ich die Quecksilberhöhen, die man auf noch höhern Bergen beobachtet hat, beyfügen. Fevillee s) hat auf dem Gipfel des Pic von Teneriffa, welcher nach geometrischer Messung 13158 pariser Schuhe hoch ist, die Höhe des Quecksilbers nur 17 Zolle und 3 Linien gefunden. In Amerika im Königreiche Peru haben die französischen Mathematici Bouguer und de la Condamine, und der Spanier Antonius de Ulloa bey Ausmessung etlicher Grade des Meridians beym Aequator mit Fleiß auf die Höhen und Tiefen des Quecksilbers in dem Barometer am Ufer des Maris Pacifici und auf verschiednen Höhen und Bergen Achtung gegeben, und geometrisch ausgemessen, wie viel Toisen ieglicher Ort, auf welchem sie die Barometerhöhe beobachteten, über die Meeresfläche erhaben war. Am Ufer des Maris Pacifici stand das Quecksilber 28 pariser Zolle und 1 Linie hoch. Die Oerter, deren Höhen über die Fläche dieses Meeres sie ausgemessen haben, sind die Stadt Popayan, der Ort Caraboucou, die Stadt Quito, der Berg Pichincha, und der Berg Coraçon. Folgende Tabelle mag die Höhen dieser Oerter und die auf denselben beobachteten Barometerhöhen zugleich vorstellen.

Oerter

s) In Herrn Kulofs Einleitung, §. 198.

Oerter	Höhen	Barometerhöhen	
Popayan	900 Toisen	22 Z.	$10\frac{2}{3}$ L.
Carabourou	1225	21	$2\frac{3}{4}$
Quito	1500	20	1
Pichircha	2434	15	11
Coraçon	2476	15	9

Wenn man unter eine hohe Glocke auf der Luftpumpe ein Barometer stellt: so nimmt bey dem Auspumpen der Luft die Verdünnung und Ausdehnung derselben unter der Glocke in dem Verhältnisse zu, wie die Höhe des Quecksilbers abnimmt. Denn die Luft, die unter der Glocke auf dem Quecksilber in dem Gefäßchen am Barometer liegt, drückt dasselbe blos durch ihre Elasticität. Das Gewichte, was sie haben mag, ist für nichts zu achten. Fällt also das Quecksilber beym Auspumpen der Luft: so ist solches ein Zeichen, daß die Elasticität der drückenden Luft abnimmt. Es wird aber die Elasticität beym Auspumpen nicht anders vermindert, als daß ein Theil der Luft aus der Glocke in die leergemachten Räume der Cylinder der Luftpumpe gehet, und folglich die Luft verdünnet wird. Man kann also von der Größe des Falles, wodurch das Quecksilber im Barometer unter der Glocke niedersinkt, auf die Größe der Verdünnung und Ausdehnung der Luft unter der Glocke schlie-

schließen. Stehet z. E. das Quecksilber anfänglich, da die Luft unter der Glocke mit der äußerlichen einerley Dichtigkeit hat, 28 Zoll hoch; und fällt beym Auspumpen auf 14 Zoll: so ist die Verdünnung und Ausdehnung bey der Höhe von 14 Zoll zur Ausdehnung bey der Höhe von 28 Zoll, wie umgekehrt 28 zu 14, das ist wie 2 zu 1.

Nun fragt es sich, ob die Luft auf einem Berge bey einer bemerkten Höhe des Quecksilbers eben so dünne und ausgedehnt sey, als die Luft unter der Glocke auf der Luftpumpe, wo das Quecksilber eben die Höhe hat? Z. E. auf dem Berge Coraçon hat das Quecksilber 15 Zolle 9 Linien hoch gestanden. Ist demnach damals, da man diese Quecksilberhöhe wahrgenommen hat, die Luft auf diesem Berge so dünne und ausgedehnt gewesen, als sie unter der Glocke seyn würde, wenn man die Luft so weit auspumpte, daß das Quecksilber nur 15 Zolle und 9 Linien hoch stünde? Man könnte daran zweifeln, wenn man erwegt, daß das Quecksilber im Barometer auf den Bergen nicht, wie unter der Glocke auf der Luftpumpe, von der bloßen Elasticität der Luft, sondern auch von dem Gewichte der Luftsäule, welche auf dem Quecksilber im Gefäßchen am Barometer ruhet, gedrückt wird. Weil aber doch die Luft, welche unmittelbar auf dem Quecksilber im Barometergefäßchen auf dem

Berge

Berge liegt, von dem Gewichte der Luftsäule zusammen gedrückt wird, und dadurch eine Elasticität erhält, welche so stark wirkt, als das Gewichte der Luftsäule: so kann man wohl die Verdünnung und Ausdehnung der Luft auf einem Berge der Verdünnung und Ausdehnung der Luft unter der Glocke auf der Luftpumpe gleich schätzen, wo das Quecksilber im Barometer eben die Höhe hat, auf welcher es im Barometer auf dem Berge stehet.

§. 72.

In welcher Höhe über der Erde die Luft so dünne seyn mag, als die Luft unter einer fleißig ausgepumpten Glocke.

Der Berg **Coraçon** in **Peru**, auf welchem zur Zeit der beobachteten Barometerhöhe die Luft so dünne gewesen ist, als die Luft unter einer Glocke, unter welcher beym Auspumpen das Quecksilber im Barometer nur 15 Zolle und 9 Linien hoch stehet, ist 2476 Toisen über die Fläche des Meeres erhaben (S. 203). In welcher Höhe über dieser Fläche mag wohl die Luft so dünne seyn, als sie unter einer Glocke ist, unter welcher das Quecksilber im Barometer gänzlich herab fällt? **Mariotte** t) schätzet sie auf 181440 pariser Schuhe oder 30240 Toisen, oder 8 deutsche Meilen, deren eine

t) Essai de la Nature de l'Air.

eine aus 22824 pariser Schuhen bestehet. In der Berechnung nimmt Mariotte zur Barometerhöhe auf der Fläche des Meeres 28 pariser Zolle, oder 336 Linien, oder 4032 Theilchen; und macht in der Luftsäule von der Meeresfläche an bis an den Ort, wo die Luft so dünne ist, als die Luft unter einer ausgepumpten Glocke, eben so viele Abtheilungen, die zwar der Länge nach von einander unterschieden, aber im Gewichte einander gleich sind. Er setzt zum voraus, das Queckſilber im Barometer falle eine Linie oder 12 Theilchen derselben, wenn es 60 Schuhe hoch über die Seefläche gebracht werde. Unter den 4032 Abtheilungen der Luftsäule giebt er daher der untersten, die durch ihre Gewichte das Quecksilber eine Linie hoch drücken kann, eine Länge von fünf Schuhen. Von der Meeresfläche an bis auf die Höhe, wo die Luftsäule halb ist, werden 2016 Abtheilungen gerechnet. Der obersten davon schreibt Mariotte eine Länge von 10 Schuhen zu. Er thut solches aus diesem Grunde, weil die Luft in dieser obersten Abtheilung nur von dem halben Gewichte gedrückt, und folglich durch die Elasticität in einen doppelt so langen Raum ausgebreitet werde, als die unterste Abtheilung wegen des doppelten auf sie drückenden Gewichts habe. Die Summe aus 5 und 10 Schuhen halbiret er. Mit dieser mittlern arithmetischen Proportionalzahl multiplicirt er die Zahl

2016, als die Abtheilungen der halben Luftsäule. Das Product bestehet aus 15120 pariser Schuhe. So viel sind ihrer also in der Luftsäule von der Seefläche an bis zur 2016ten Abtheilung enthalten. In dieser Höhe von 15120 Schuhen würde das Quecksilber im Barometer nur 14 Zolle hoch stehen. Denn das Gewichte, womit die Luft in gedachter Höhe von der übrigen Hälfte der Luftsäule gedrückt wird, ist nur die Hälfte von dem Gewichte, welches die Luft an der Seefläche zu tragen hat. Hieraus schließt Mariotte, die Elasticität der Luft in der Hälfte von der Luftsäule werde sich zur Elasticität auf der Fläche des Meeres wie $\frac{1}{2}$ zu 1, das ist wie 1 zu 2 verhalten. Die übrige Hälfte der Luftsäule, welche aus 2016 Abtheilungen bestehet, wird wieder halbiret. Diese Hälfte, welche 1008 Abtheilungen in sich fasset, mag B heißen. Von diesen 1008 Abtheilungen ist die erste ohngefehr 10 und die letzte und oberste 20 Schuhe lang. Denn die oberste davon wird nur von der Hälfte des Gewichts gedrückt, welches auf der ersten und untersten liegt. Die mittlere arithmetische Proportionalzahl zwischen 10 und 20 ist 15. Wird dieselbe durch 1008 multipliciret: so zeiget das Product, daß die 1008 Abtheilungen aus 15120 Schuhen bestehen. In dem obersten davon ist der Druck der Luft zum Drucke der Luft auf der Fläche des Meeres wie $\frac{1}{4}$ zu 1. Denn die Luft im obersten

Schuhe

Schuhe hat nur die Hälfte des Gewichts zu tragen, von welchem die Luft im untersten Schuhe gedrückt wird. Es ist aber das Gewichte auf der Luft in diesem untersten Schuhe ebenfalls nur die Hälfte des Gewichts, womit die Luft auf dem Meere gedrückt wird. Nun ist $\frac{1}{2}$ von $\frac{1}{2}$ so viel als $\frac{1}{4}$. In dem obersten Schuhe der Hälfte B würde demnach das Quecksilber im Barometer nur 7 Zolle hoch stehen. Von den 1008 Abtheilungen ist die Hälfte C=504, die Hälfte davon D=252, die Hälfte davon E=126, die Hälfte davon F=63, die Hälfte davon G=$31\frac{1}{2}$, die Hälfte davon H=$15\frac{4}{1}$, die Hälfte davon I=$7\frac{7}{8}$, die Hälfte davon K=$3\frac{15}{16}$, die Hälfte davon L=$1\frac{31}{32}$, und die Hälfte davon M=$\frac{63}{64}$ Abtheilungen. Die Länge der untersten Abtheilung ist zur Länge der obersten in der Hälfte C wie 20 zu 49, in der Hälfte D wie 40 zu 80, in der Hälfte E wie 80 zu 160, in der Hälfte F wie 160 zu 320, in der Hälfte G wie 320 zu 640, in der Hälfte H wie 640 zu 1280, in der Hälfte I wie 1280 zu 2560, in der Hälfte K wie 2560 zu 5120, in der Hälfte L wie 5120 zu 10240, und in der Hälfte M wie 10240 zu 20480. Die mittlere arithmetische Proportionalzahl zwischen 20 und 40 ist=30, zwischen 40 und 80=60, zwischen 80 und 160=120, zwischen 160 und 320=240, zwischen 320 und 840=480, zwischen 640 und 1280=960, zwischen 1280 und 2560=

1920,

1920, zwischen 2560 und 5120 = 3840, zwischen 5120 und 10240 = 7680, und zwischen 10240 und 20480 = 15360. Multiplicirt man aber in C 504 mit 30, in D 252 mit 60, in E 126 mit 120, in F 63 mit 240, in G $31\frac{1}{2}$ mit 480, in H $15\frac{1}{4}$ mit 960, in I $7\frac{7}{8}$ mit 1920, in K $3\frac{15}{16}$ mit 3840, in L $1\frac{31}{32}$ mit 7680, in M $\frac{63}{64}$ mit 15360: so zeiget das Product, daß iegliche Hälfte aus 15120 Schuhen bestehet. Da nun die Höhe der ganzen Luftsäule 12 dergleichen Hälften, als A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L und M in sich begreift: so folgt, daß sie von der Fläche des Meeres an sich durch 181440 Schuhe erstreckt. In dieser Höhe ist demnach die Luft so dünne, als die Luft, die unter einer Glocke auf der Luftpumpe nach geschehener Auspumpung zurücke bleibt.

Der Herr geheime Rath von Segner hat in seiner Einleitung in die Naturlehre §. 58-62. die Höhe, wo die Luft in diesem Zustande seyn mag, auf eine ähnliche Art berechnet. Anfänglich sagt er, wenn die Luft durchaus von einerley Dichtigkeit, und also in ieder Entfernung von der Erde 800mal so leicht wäre, als das Wasser: so müßte sie von der Oberfläche der Erde an bis an ihr äußerstes Ende 800mal so hoch stehen, als das Wasser in einer Röhre erhalten wird, welche oben geschlossen und von Luft leer ist. Diese Höhe

betrage nicht mehr als 26600 rheinländische Schuhe. Da aber die obere Luft immer dünner, und folgends leichter werde, als die untere: so lasse sich diese Höhe nicht so geschwinde bestimmen, und man müsse zu den nachfolgenden oder andern dergleichen Schlüssen seine Zuflucht nehmen, wenn man dieselbe wissen wolle. Hierauf trägt er seine Gedanken und Schlüsse folgendergestalt vor. Da die Luft die oben berechnete Höhe wirklich haben würde, wenn sie für sich keine Schwere hätte, und nur zu oberst von einer Kraft, die dem Drucke des Quecksilbers in unsern Barometern gleich ist, gedrückt würde: so stelle man sich eine Luftsäule von dieser Beschaffenheit vor, die von der Oberfläche der Erde gerade aufwärts gehe; und setze die mittlere Höhe des Quecksilbers bey uns $28\frac{1}{2}$ rheinländische Zolle, weil nach denselben die deutschen Meilen gerechnet werden (Tab. IV. Fig. 5). Und wenn AH diese 26600 Schuhe hohe Säule vorstellet: so theile man dieselbe von A an in $28\frac{1}{2}$ gleiche Theile bey B, C, D, E und so fort. Man könnte deren mehrere machen; und die Rechnung würde dadurch genauer werden. Es ist aber diese angenommene Zahl auch nicht zu klein. Gesetzt nun, die Luft bekäme ihre Schwere wieder, sie bliebe aber überall in dergleichen Dichtigkeit, in welche sie ist gesetzet worden: so würde der Druck dieser Luft in der Höhe AB = BC = CD und so fort dem

Drucke

Drucke einer Säule Quecksilber gleich seyn, deren Höhe einen rheinländischen Zoll beträgt. Und wenn man die Höhe dieses Drucks und den Druck selbst für die Einheit annimmt: so würde der Druck auf A seyn $18\frac{1}{2}$, der auf B $27\frac{1}{2}$, der auf C $26\frac{1}{2}$ und so fort. Der Druck aber auf die Luft, welche sich in der Mitte zwischen A und B findet, würde betragen 28; der, welchen die Theile auszustehen haben, die zwischen B und C in der Mitte liegen, 27 und so fort. Diesen mittlern Druck auf die Theile zwischen A und B wollen wir für denjenigen annehmen, welchen alle Luft in der Höhe AB auszustehen hat, und den mittlern Druck zwischen B und C für denjenigen, mit welchem die Luft in BC zusammen gehalten wird; da es augenscheinlich ist, daß, ob sich zwar die Sache nicht in der völligen Strenge so verhält, doch hieraus weit kleinere Fehler folgen müssen, als wenn man setzen wollte, es werde alle Luft in AB so stark gedrücket, als die bey A oder die bey B. Läßt man nunmehr der Luft die Freyheit sich auszudehnen, indem man ihr die äußere Kraft, durch welche man sie in den Gedanken zusammen gedrückt hatte, wieder entziehet: so ist klar, daß die Luft in AB, welche nunmehr, anstatt $28\frac{1}{2}$, nur mit 28 gedrückt wird, die ganze übrige Säule heben werde. BC, welche nur mit 27 gedrückt wird, wird sich ebenfalls ausdehnen, und die über derselben befind-

 liche

liche Luft heben, CD gleichfalls, und so weiter. Man setze, daß dadurch die Höhe AB zu ab angewachsen sey, und daß aus der BC die bc, wie auch aus der CD die cd geworden, und so ferner. So ist klar, daß der Druck auf a so groß bleibe, als der auf A war, und daß der Druck auf b dem auf B, der auf c dem auf C gleich sey, und so weiter. Man kann aber die Höhe ab leicht finden. Wird die Luft von $28\frac{1}{2}$ gedrückt: so füllet sie eine durchaus gleich weite Säule von der Höhe AB. Eben diese Luft füllet eine Säule von eben der Weite, deren Höhe ab ist, indem sie nur von 28 gedrückt wird. Es verhält sich also AB zur ab wie 28 zu $28\frac{1}{2}$, das ist, wie 56 zu 57. Und da die AB bekannt ist: so wird die ab leicht gefunden. Eben so findet man die bc, wenn man spricht; wie 27 zu $28\frac{1}{2}$, oder wie 54 zu 57: so die BC = AB zu der bc, und so fort bis ans Ende. Die mittlere Höhe des Quecksilbers in einem Barometer, so sich in dem Raume AB befindet, ist 28 rheinländische Zolle, in dem Raume bc 27, in cd 26, und so fort. Und in dem allerletzten Raume, in welchem sich die Luft ausgedehnet hat, die vorher in dem halben Theile GH enthalten war, ist die mittlere Höhe des Quecksilbers in dem Barometer nur $\frac{1}{4}$ Zoll. Wenn man die gefundnen Höhen ab, bc, cd und so weiter zusammen rechnet: so erhält man die Entfernung einer jeden Abtheilung b, c, d von der Oberfläche

unsers

unsers Bodens. Nimmt man sie aber alle: so bekömmt man die ganze Höhe der Luft. Hiervon nun sagt der Herr von Segner: beydes würde richtig seyn, wenn die hier angenommnen Gründe in der Natur völlig statt fänden. Er zeigt, was bey diesen Gründen zu bedenken sey. In der Rechnung wird angenommen, die Dichtigkeit der Luft in einer ieden Abtheilung ab, bc, cd, und so weiter, rühre blos von dem Drucke her, durch welchen sie in ihrem Raume erhalten wird. Dagegen erinnert nun der Herr von Segner, wie die Erfahrung zeige, daß die Luft nahe an der Oberfläche der Erde immer wärmer sey, als die obere, und daß die Kälte der Luft beständig zunehme, ie weiter sie von der Erde entfernt sey. Hieraus nun folge, daß von den gemachten Abtheilungen eine iede, in welcher die ausdehnende Kraft der Luft von einer bestimmten Größe sey, eine geringere Höhe haben, und weniger von uns entfernt seyn müsse, als es die Rechnung angebe, und daß die Entfernung desto geringer sey, je geringer die ausdehnende Kraft in der angenommnen Abtheilung sey. Er schätzt die ganze Höhe, wo die Dichtigkeit der Luft ganz und gar unmerklich seyn müsse, auf 210854 rheinländische Schuhe, oder, wenn man eine deutsche Meile zu 20000 Schuhen rechne, auf $10\frac{1}{2}$ solche Meilen; und ist der Meynung, diese Höhe, welche durch die Rechnung herauskomme, werde schwerlich zu geringe seyn.

Nach Mariottens Rechnung hat die Höhe der so verdünnten Luft 181440 pariser Schuhe, die nur 187791 rheinländische Schuhe machen u), und ist also 23063 Schuhe kleiner, als nach der Rechnung des Herrn von Segner. Nach Mariottens Rechnung soll die Luft in einer Höhe von 15120 pariser Schuhen so dünne und so leicht seyn, daß sie das Quecksilber im Barometer durch ihren Druck nur 14 Zoll hoch erhalten könnte. Der Berg Coraçon in Peru ist 2476 Toisen, oder 14856 Schuhe hoch, und die französischen Mathematici haben auf demselben das Quecksilber im Barometer 15 Zolle und 9 Linien hoch gesehen (S. 204 und 205). Woraus man siehet, wie die Rechnung der Wahrheit ziemlich nahe komme.

§. 75.

Die Grenzen der Ausdehnung der Luft durch ihre Federkraft.

Der Grund, warum die Luft auf den Bergen durch ihre elastische Kraft immer ausgedehnter und dünner wird, ie höher die Berge sind, ist darinnen zu suchen, daß die Schwere, welche der Federkraft der Luft widerstehet, auf

u) Der pariser Schuh ist zum rheinländischen wie 1440 zu $1391\frac{3}{10}$ oder 1440 zu $\frac{13913}{10}$.

auf den Bergen immer schwächer wird, ie größer ihre Höhe ist. Dieses hat man im Jahre 1743 in **Peru** an der Abnahme der Geschwindigkeit des Penduls auf den Höhen über der Fläche des Meeres wahrgenommen. Der französische Mathematicus, de la Condamine, beschreibet diese Beobachtung, die er mit dem Pendul gemacht hat, in seiner Voyage de la Riviere des Amazones, S. 180. und 181. Am Ufer des Amazonenflusses in **Para** hat das Pendul innerhalb 24 Stunden 98770, in der Stadt **Quito** aber nur 98740, und auf dem Berge **Pichincha** nur 98720 Oscillationen vollendet. In **Quito** sind also ihrer 30, und auf dem **Pichincha** 50 Oscillationen innerhalb 24 Stunden weniger gewesen, als in **Para**. **Quito** liegt 14 bis 1500 Toisen höher über das Meer als **Para**, und der Berg **Pichincha** 750 Toisen höher als die Stadt **Quito**. Nun ist bekannt, daß ein Pendul, dessen Länge unverändert bleibt, nicht anders langsamer werden kann, als wenn seine Schwere vermindert wird.

Es läßt sich auch aus der Art und Weise, wie die Kraft, deren Druck den Körpern die Schwere giebt, gegen den Mittelpunct der Erde wirkt, deutlich erkennen, daß die Schwere in den Entfernungen von dem Mittelpuncte der Erde immer schwächer werden muß, ie größer dieselben sind. Man hat dadurch gefun-

den, daß die Schwere in einer größern Entfernung sich zur Schwere in einer kleinern verhalte, wie umgekehrt das Quadrat der kleinern Entfernung zum Quadrate der größern, und folglich die Schwere in einer doppelten Entfernung vom Mittelpuncte der Erde, das ist, in zween halben Diametern der Erde zur Schwere auf der Erdfläche, das ist in der Entfernung eines halben Erddiameters, wie umgekehrt das Quadrat vom 1 zum Quadrate von 2, und demnach in der Höhe von 2 halben Erddiametern nur den 4ten Theil so groß sey, als auf der Erdfläche. Da nun durch die immer wachsende Abnahme der Schwere in den immer wachsenden Höhen über der Erde die Elasticität der Luft immer weniger Widerstand findet: so wird man begierig zu wissen, wie dünne die Luft über der Höhe, in welcher sie so dünne ist, als die Luft unter einer ausgeleerten Glocke auf der Luftpumpe, durch ihre Federkraft endlich werden müsse. **Newton** sagt im 3ten Buche seiner Optic, in der 20sten Frage: in einer Höhe von 7 Meilen sey die Luft viermal dünner als auf der Erdfläche; in einer Höhe von 21, 28, 35 Meilen sey sie 64, 256, 1024mal dünner; und in einer Höhe von 70, 40, 210 Meilen sey sie 1′, 000, 000; 1″, 000, 000′, 000, 000; 1‴, 000, 000″, 000, 000′, 000, 000mal dünner. Er hat in der Rechnung eines theils auf das Verhältniß gesehen, da man die Abnahme

nahme der Dichtigkeit der Luft nach der Abnahme der zusammendrückenden Kraft schätzt; andern theils aber auf das erst erwähnte Verhältniß, in welchem die Schwere in den verschiednen Entfernungen von dem Mittelpuncte der Erde vermindert wird. Er hat ferner untersucht, wie dünne die Luft über der Erde in einer Höhe von 860 deutschen Meilen seyn möge. Er sagt in seinen Principiis mathematicis Philosophiae Naturalis, im 3ten Buche gegen das Ende der 41sten Proposition, da er seine Gedanken über die Dünnheit der Materie in den Cometenschweifen vorträgt, wenn ein Cubiczoll Luft von der Dichtigkeit, welche die Luft an der Fläche der Erde hat, durch den Himmelsraum um die Sonne bis an die Bahn des Saturns sich vermöge ihrer Elasticität ausbreiten sollte: so würde diese ausgebreitete Luft die Dichtigkeit haben, welche ihr in der Atmosphäre der Erde in einer Höhe von 860 deutschen Meilen zukomme. Sollte demnach von unsrer Luft, in welcher wir Athem holen, ein Cubiczoll in eine Höhe von 860 deutschen Meilen über die Fläche der Erde gebracht werden: so würde er sich durch seine elastische Kraft so weit ausdehnen, daß er den ganzen Raum zwischen der Sonne und der Bahn des Saturns einnehmen könnte. Nach der Rechnung, welche die Patres Thomas le Seur und Franciscus Jaquier in der Erklärung dieser Gedanken des Newtons, S. 648. be-

kannt gemacht haben, verhält sich der Kugelraum, welcher von der Bahn des Saturns umschlossen wird, zur Kugel, deren Diameter ein Zoll ist, wie die Zahl 1728 mit 39 angehenkten Nullen zu 1. Sie sagen, die Dichtigkeit der Luft auf der Fläche der Erde verhalte sich zur Dichtigkeit der Luft in der Höhe von 860 deutschen Meilen von dieser Fläche an gerechnet, wie die Zahl 1617 mit 151 angehenkten Nullen zu 1.

Aber bey dieser ungeheuren Ausdehnung und Verdünnung ist dieses zu bedenken: ob ein Cubiczoll Luft bey uns so viele Theilchen in sich habe, daß daraus ein so zartes Gewebe und eine so feine Materie gemacht werden könnte. Wenn sich unter der Glocke auf der Luftpumpe ein fast unmerkliches Luftkügelchen in einem Gefäße aus seinem kleinen Raume in einen größern ausdehnet: so werden die Theilchen, woraus es bestehet, durch die elastische Kraft auseinander getrieben, behalten aber einen Zusammenhang unter einander. Dehnet sich diese erweiterte Luft in dem verschloßnen Gefäße in einen noch größern Raum aus: so werden die noch kleinern Theile, aus welchen die vorher ausgedehnten Theile zusammengesetzet sind, gleichergestalt auseinander getrieben. Diese kleineren Theile, aus deren Zusammenhange ein noch feineres Gewebe erwächst, sind nun weit dünner, als die Theile, aus welchen sie so zu sagen ausgewickelt worden

sind.

sind. Soll sich nun die Luft in diesem zweyten Gewebe noch weiter ausbreiten, und in ein noch zarteres verwandelt werden: so müssen die Theile des zweyten Gewebes durch die elastische Kraft abermal aus einander getrieben, und zu noch dünneren Theilen gemacht werden. Nun fragt es sich, wie weit die Materie der Luft zulange, daß immer eine Verdünnung nach der andern gemacht werden könne? Der Herr Professor **Titius** hat in dem vierten Theile der neuen gesellschaftlichen Erzählungen für die Liebhaber der Naturlehre, der Haushaltungswissenschaften, der Arztneykunst und der Sitten eine Berechnung von der merkwürdigen Ausdehnung des Wassers in den Seiffenblasen eingerücket. In dieser Berechnung, welche das 20ste Stück ist, hat Herr **Carl Friedrich von Kregel**, Sr. Churfürstlichen Durchlauchtigkeit zu Sachsen wirklicher Landkammerrath, die Dicke des Häutchens einer Seiffenblase untersucht, die $4\frac{1}{2}$ Zoll im Diameter gehabt hat, und aus einem Wassertropfen in einem gläsernen Rohre entstanden ist, der einem Cylinder gleich war, dessen Höhe $\frac{1}{12}$ der Diameter aber $\frac{2}{12}$ vom pariser Zolle hatte. Die Figur dieser großen Blase konnte für eine vollkommne Kugel angenommen werden, weil sie zur Zeit, da sie noch am Rohre hieng, wenig von der Rundung abwich. Nach der sorgfältig angestellten Rechnung ist die Dicke des Blasenhäutchens $\frac{1}{4000}$ vom pariser Zolle gewesen. In so dünne

dünne Theilchen ist der Wassertropfen ausgedehnet worden. Man nehme anstatt des Wassercylinders, woraus die Seiffenblase gebildet worden ist, einen ihm gleichen Luftcylinder, und lasse sich denselben in eine Luftblase ausdehnen, deren Diameter 4½ Zoll ist, und deren Raum man als leer ansiehet. Die Luft ist 800mal lockrer und dünner als Wasser. Dergestalt wird das Lufthäutchen dieser Luftblase 800mal dünner seyn, als das Häutchen der Seiffenblase gewesen ist. Die Dicke des Lufthäutchens wird also nur $\frac{1}{3200000}$ vom pariser Zolle seyn. So dünne ein solches Lufthäutchen ist, so zeigen die oben (S. 192-196) angeführten Versuche mit der Luft im Wasser unter der Glocke auf der Luftpumpe, daß die Theile der Luft, die sich in einen so großen Raum ausgedehnet hat, als **Musschenbroek** und **Boyle** angemerkt haben, noch vielfältigmal dünner gewesen sind. Jedoch was sind diese dünnen Theile gegen die unendlich dünnern, in welche ein Cubiczoll von unsrer Luft aufgelöset werden müßte, wenn er so ausgedehnt werden sollte, daß er den Kugelraum, dessen Peripherie von der Bahn des Saturns umschlossen wird, einnehmen könnte. Aber so unbegreiflich es unserm Verstande ist, wie eine so unendlich große Ausdehnung möglich sey: so können wir doch keine Gründe angeben, aus welchen wir die Möglichkeit leugnen könnten. Ein Exempel einer noch dünnern Materie haben wir an dem Aether, oder an der Himmelsluft,

in welcher die Bewegung der Planeten so wenig aufgehalten wird, daß man zur Zeit noch keine merkliche Verminderung derselben bemerket hat. Und die Materie der Kometenschweife ist der Himmelsluft an Dünnheit beynahe gleich. Die Dünste, aus welchen ein Kometenschweif bestehet, fahren aus der Atmosphäre des Kometen mit einer so großen Geschwindigkeit in die Höhe, daß sie in einem Tage 100000 Meilen zurück legen. Der Herr Professor Heinsius schätzet den Diameter des Dunstcylinders, welcher von dem im Jahre 1744 gesehenen Kometen aufgestiegen ist, auf 20000 deutsche Meilen. Aus diesem Diameter und der Höhe, welche der Dunstcylinder in einem Tage erreichet hat, zeiget der Herr Professor Heinsius auf der 93sten Seite seiner Beschreibung des gedachten Kometen, daß der körperliche Innhalt dieses Dunstcylinders 31″, 415, 926′, 500, 000 Cubicmeilen betragen hat. Diese erstaunliche Menge Dünste hätte aus der Atmosphäre des Kometen nicht entstehen können, wenn die Dünste nicht beynahe so dünne gewesen wären, wie die Himmelsluft. Hier weiset nun der Herr Professor Heinsius, daß diese Menge Luft, um welche die Atmosphäre eines Kometen täglich abnimmt, sich in einen kleinern Raum, als ein Cubiczoll hat, würde zusammen bringen lassen, und dem ohngeachtet nicht dichter seyn würde, als die Luft an der Erdfläche ist. Hieraus erhellet

hellet zur Gnüge, daß man zur Zeit nicht zeigen könne, Newton habe der Ausdehnung der Luft, welche sie durch ihre Federkraft erreichen könne, zu weite Grenzen gesetzet.

Das achte Hauptstück.

Von der Wirkung der elastischen Kraft der Luft in der Fortpflanzung des Schalles.

§. 76.

Die Erregung des Schalles.

Die Bewegung, deren Empfindung durch die Gehörnerven der Schall genennet wird, entstehet, indem eine elastische Materie erschüttert wird, oder ihre einzelnen Theile zittern und dadurch einander stoßen. Ein Körper zittert, wenn er sich aus einem Orte A in einen andern B bewegt, und aus dem Orte B gegen den Ort A zurücke kehret, und von A wiederum auf B zugehet, und diese Bewegungen mit einer so großen Geschwindigkeit verrichtet, daß er aus B in A zurück kömmt, da man meynt, er habe B kaum berührt. Soll nun in einem Körper ein

Schall erregt werden: so müssen seine einzelnen Theile auf diese Art zittern, und dadurch einander stoßen. Zittert der ganze Körper, da er sich mit allen seinen Theilen aus A in B bewegt, und aus B in A den Rückweg nimmt, ohne daß seine einzelnen Theile zittern: so wird kein Schall erzeugt. Die einzelnen Theile zittern, wenn sie sich zu einer Zeit zugleich nach verschiednen Gegenden bewegen, und sich hierdurch von einander trennen, und nach der Trennung augenblicklich wiederzusammen stoßen. Eine gemeine Erfahrung machet die Sache klar. Faßt man eine Gabel zwischen zween Finger, und setzet sie in eine zitternde Bewegung: so lässet sich kein Schall vernehmen. Schlägt man sie aber, da man sie zwischen den Fingern hält, auf den Tisch; und fährt sodann mit ihr gegen das Ohr: so hört man sie klingen. Oder setzt man sie mit dem Griffe oder Hefte auf den Tisch: so hört man sie in der Entfernung vom Ohre klingen, und fühlt in den Fingern, wie die kleinsten Theile auf der Fläche des Griffes zittern. Eben dergleichen Zittern lässet sich an den klingenden Glocken und Saiten fühlen, wenn man einen Finger an ihre Flächen legt, ohne sie zu drücken. Daß die zitternden Theile eines schallenden Körpers sich anfänglich von einander trennen, und eines nach dieser und das andre nach einer andern Gegend bewegt wird, das lässet sich an einer Glocke wahrnehmen, an deren Rande rings herum metallne Kügelchen

liegen,

liegen, die an zarten Fäden hängen (Tab. V. Fig. 2). Denn hebt man ein Kügelchen in die Höhe, und läßt es gegen den Rand der Glocke fallen: so springen alle übrigen Kügelchen in dem Augenblicke, da das gefallne anschlägt, von dem Rande der Glocke ab. Solches würde nicht geschehen, wenn nicht die Theilchen des Randes, an welchen die Kügelchen im Hängen liegen, auswärts bewegt, und folglich aus ihrem Zusammenhange gebracht, uud nach verschiednen Gegenden getrieben würden.

§ 77.

Wie die Luft erschüttert, und dadurch ein Schall erzeugt wird.

In der Luft entstehet eine Erschütterung, wenn ihre Theile bey einer starken Zusamnrendrückung sich durch ihre Federkraft in einem Augenblicke nach verschiednen Gegenden ausbreiten, und von den zusammengedrückten Theilen der angrenzenden Luft plötzlich zurück gestoßen werden. Dieses erfolgt daher, weil die Luft in dem Raume, aus welchem sie sich durch ihre elastische Kraft ausbreitet, verdünnet, diese Kraft demnach vermindert, und die elastische Kraft der zusammengedrückten Theile vermehret wird. Durch den Zurückstoß, welchen die ausgebreitete Luft von der zusammengedrückten bekömmt, wird sie aufs neue zusammen gedrückt. Ihre elastische Kraft wird demnach

demnach stärker, als die Elasticität der zurückstoßenden, die sich durch den Zurückstoß in einen größern Raum ausbreitet und hierdurch verdünnet. Alles dieses geschiehet plötzlich. Und die zusammengedrückten Lufttheile verbreiten sich nach allen Gegenden auf einmal, und werden auf einmal aus allen Gegenden zurück gestoßen. Auf diese Weise gerathen sie in lauter zitternde Bewegungen, in welchen das Wesen des Schalles bestehet. So wird mit der Peitsche ein Knall erweckt, wenn man mit ihr einen Hieb durch die Luft thut, daß sie sich um einen Theil derselben gehlinge herum schlingt, als wenn sie einen Knoten machen wollte. Hierdurch wird die Luft, um welche sich die Peitsche schlingt, heftig zusammen gedrückt. Augenblicklich fährt die geschlungne Peitsche auseinander. Die Theile der Luft stoßen demnach durch ihre verstärkte Elasticität nach allen Gegenden an die anliegenden Lufttheile. Diese werden mit Heftigkeit zusammen gedrückt, und jene ausgedehnt. Beydes geschiehet zugleich. Die zusammengedrückten fahren demnach sogleich aus einander, und bringen durch ihre Gewalt die ausgedehnten in einen engern Raum. Solchergestalt erschüttern beyde Theile einander, und bringen einen Knall hervor. Es ist bekannt, wie die Knaben einen Knall erregen, wenn sie einen gefallteten Bogen Papier gegen die Luft schlagen, daß sich dieselbe zwischen den Falten fängt.

Sie wird dadurch auf einmal stark zusammen gepreßt, und breitet sich augenblicklich durch ihre verstärkte Elasticität wieder aus, und drückt die äußere Luft mit gleicher Stärke zusammen. Auf diese Art erschüttert sich die inwendige und auswendige Luft wechselsweise.

§. 78.

Wie die Luft durch ihre Elasticität den Schall eines Körpers annimmt und fortpflanzt.

Wenn ein musicalisches Saiteninstrument in der Sonne liegt, und die Saiten gerühret werden: so siehet man, wie die von den Sonnenstrahlen erleuchteten Luftstäubchen in hüpfende Bewegungen gerathen x). Hieraus erhellet, daß die Lufttheilchen durch den Schall eines Körpers wirklich in ein Zittern gebracht werden. Wie dieses geschehe, das läßt sich aus ihrer Elasticität auf folgende Art erklären (Tab. V. Fig. 1). Die Luftlinie BDEF mag aus 3 kleinern und gleich großen Linien BD, DE und EF bestehen, in welchen die Luft von einerley Dichtigkeit ist. Ein zitternder Theil eines schallenden Körpers A mag gegen die Luft in B stoßen, und die Luft aus B

in

x) Thomas le Seur und Franciscus Jacquier in der 297 Anmerkung über Newtons zweytes Buch seiner Principiorum Phil. Nat.

in b treiben. Das Lufttheilchen im Raume BD wird demnach zusammen gedrückt, und dichter gemacht. Denn die Luft in dem nachfolgenden Raume widerstehet der Luft im Raume BD. Durch die Zusammendrückung erhält die Luft im Raume BD in ihrer Federkraft eine Verstärkung, und sucht sich auszubreiten. In der Zeit, da das zitternde Theilchen das Räumchen Bb inne hat, kann sie sich gegen BA nicht ausbreiten. Aber die Luft im Raume DE läßt sich zusammen drücken. Dergestalt treibt die stärkere Luft bD die schwächere Luft im Raume DE aus D bis in c. Die Bewegung, die aus einem Theile einer elastischen flüßigen Materie in den zunächst angrenzenden gehet, und denselben zusammen drücket, heißt bey dem **Newton** y) ein pulsus, **Schlag** oder **Streich**. Wir können also eine dergleichen Bewegung eines Lufttheiles einen Luftstreich nennen. Die durch den ersten Streich zusammengedrückte Luft cE suchet sich durch ihre verstärkte Elasticität auszubreiten. Gegen D ist es in der Zeit, da sie von daher zusammen gedrückt wird, nicht möglich. Aber die Luft im Raume EF ist noch nicht zusammen gedrückt, und hat also eine schwächere Federkraft. Dergestalt breitet sich die Luft cE gegen F aus, und drückt die Luft in EF bis d zusammen. Dieses

y) In Princip. lib. 2. prop. 43.

Sie wird dadurch auf einmal stark zusammen gepreßt, und breitet sich augenblicklich durch ihre verstärkte Elasticität wieder aus, und drückt die äußere Luft mit gleicher Stärke zusammen. Auf diese Art erschüttert sich die inwendige und auswendige Luft wechselsweise.

§. 78.

Wie die Luft durch ihre Elasticität den Schall eines Körpers annimmt und fortpflanzt.

Wenn ein musicalisches Saiteninstrument in der Sonne liegt, und die Saiten gerühret werden: so siehet man, wie die von den Sonnenstrahlen erleuchteten Luftstäubchen in hüpfende Bewegungen gerathen x). Hieraus erhellet, daß die Lufttheilchen durch den Schall eines Körpers wirklich in ein Zittern gebracht werden. Wie dieses geschehe, das läßt sich aus ihrer Elasticität auf folgende Art erklären (Tab. V. Fig. 1). Die Luftlinie BDEF mag aus 3 kleinern und gleich großen Linien BD, DE und EF bestehen, in welchen die Luft von einerley Dichtigkeit ist. Ein zitternder Theil eines schallenden Körpers A mag gegen die Luft in B stoßen, und die Luft aus B in

x) Thomas le Seur und Franciscus Jacquier in der 297 Anmerkung über Newtons zweytes Buch seiner Principiorum Phil. Nat.

in b treiben. Das Lufttheilchen im Raume BD wird demnach zusammen gedrückt, und dichter gemacht. Denn die Luft in dem nachfolgenden Raume widerstehet der Luft im Raume BD. Durch die Zusammendrückung erhält die Luft im Raume BD in ihrer Federkraft eine Verstärkung, und sucht sich auszubreiten. In der Zeit, da das zitternde Theilchen das Räumchen Bb inne hat, kann sie sich gegen BA nicht ausbreiten. Aber die Luft im Raume DE läßt sich zusammen drücken. Dergestalt treibt die stärkere Luft bD die schwächere Luft im Raume DE aus D bis in c. Die Bewegung, die aus einem Theile einer elastischen flüßigen Materie in den zunächst angrenzenden gehet, und denselben zusammen drücket, heißt bey dem Newton y) ein pulsus, Schlag oder Streich. Wir können also eine dergleichen Bewegung eines Lufttheiles einen Luftstreich nennen. Die durch den ersten Streich zusammengedrückte Luft cE suchet sich durch ihre verstärkte Elasticität auszubreiten. Gegen D ist es in der Zeit, da sie von daher zusammen gedrückt wird, nicht möglich. Aber die Luft im Raume EF ist noch nicht zusammen gedrückt, und hat also eine schwächere Federkraft. Dergestalt breitet sich die Luft cE gegen F aus, und drückt die Luft in EF bis d zusammen. Dieses

y) In Princip. lib. 2. prop. 43.

ist der zweyte Luftstreich. Nunmehr ist die zusammengedrückte Luft dF bemühet sich auszubreiten, und drückt die Luft über F zusammen. Dieses ist der dritte Luftstreich. Solchergestalt entstehet ein Luftstreich aus dem andern. Weil aber die elastische Kraft der Luft durch einen jeglichen Widerstand etwas geschwächet wird: so wird die Luft in den folgenden Räumen immer weniger zusammen gedrückt. Demnach hören die Luftstreiche nach und nach auf. Indem das zitternde Theilchen des Körpers aus seinem Raume in den vorigen zurücke gehet: so breitet sich die Luft in Db durch seine Federkraft rückwärts bis in B aus, und wird also dünner, und in der Elasticität schwächer. Demnach dehnet sich die zusammengedrückte Luft in Ec rückwärts bis in D, und die zusammengedrückte Luft in Fd rückwärts bis in E aus. Indem also ein Lufttheilchen, welches von einem zitternden Theile eines schallenden Körpers zusammen gedrücket wird, sich augenblicklich, da der Stoß des zitternden Theiles aufhöret, oder der Theil in seinen Ort zurück weichet, wiederum ausbreitet: so entstehet in diesen Lufttheilchen eine gleiche zitternde Bewegung. Da dasselbe bemühet ist, sich nach allen Gegenden auszubreiten: so entstehen in den anliegenden Lufttheilchen gleichfalls zitternde Bewegungen. Denn sie werden zusammen gedrückt, und breiten sich durch ihre elastische Kraft den Augenblick, da

das

das zusammendrückende Theilchen zu wirken aufhört, wiederum in den vorigen Raum aus. Solchergestalt ist klar, wie ein Lufttheilchen nach dem andern zu zitrern anfängt, und die zitternden Bewegungen in freyer Luft sich nach allen Gegenden fortpflanzen. In einem festen Körper, der eine Federkraft hat, entstehet durch Schlag und Stoß eine Erschütterung; weil dadurch seine Theile zusammen gedrückt, und durch ihre Federkraft wieder ausgebreitet werden, und hierdurch einander stoßen. Fährt ein zitterndes Theilchen eines schallenden Körpers gegen ein Lufttheilchen: so wird dasselbe gleichfalls zusammen gedrückt, und breitet sich durch seine Elasticität in den vorigen Raum aus, und drückt die anliegenden Theilchen zusammen, und wird von ihnen wieder zusammen gedrückt. Es stößt also immer eines das andere. Dergestalt wird die Luft auf eben die Art erschüttert, wie der klingende Körper, von dessen zitternden Theilen sie gestoßen wird: und die in der Luft entstandne Erschütterung pflanzt sich in die entferntern Theile auf eben die Art fort, wie in einem festen Körper, welcher wie die Luft elastisch ist.

§. 79.

Die Linien, wornach die Luft durch ihre Elasticität den Schall fortpflanzt.

Ein jegliches Lufttheilchen pflanzt den empfangnen Schall nach geraden Linien fort, die

immer weiter aus einander laufen, ie weiter sie von dem innersten Puncte des Lufttheilchens fortgehen. Denn wenn ein Lufttheil durch die zitternde Bewegung eines Körpers zusammen gedrückt wird: so ist jegliches von den kleinsten Theilchen, woraus der gedrückte Lufttheil bestehet, bemühet, von dem innersten Puncte, wo sie am stärksten zusammen gedrückt sind, sich zu entfernen. Jegliches thut dieses nach einer geraden Linie, die von der geraden Linie des andern immer weiter entfernt wird, ie grösser die Entfernung von dem gemeinschaftlichen Puncte wird, an welchem sie wie an einem Mittelpuncte beysammen waren. Die Linien, wornach der Schall fortgepflanzet wird, heißen die **Schalllinien.**

§. 80.

Ein Lufttheilchen kann verschiedne Zitterungen zugleich annehmen und ohne Verwirrung fortpflanzen.

Töne von verschiednen Instrumenten lassen sich zugleich vernehmen und unterscheiden. Die Schalllinien AO, BO, CO, nach welchen sie in das Ohr gebracht werden, durchschneiden einander in dem Eingange in das Ohr in einem einzigen Puncte O (Tab. V. Fig. 2). In diesem Puncte kommen also die Zitterungen, in welchen die in A und B und C erregten Töne bestehen, zusammen, ohne daß eine die ande-

andere störet, oder verwirret. Denn wenn dieses geschähe: so könnten sie nicht durch das Gehöre von einander unterschieden werden. Sie scheiden sich also wieder von einander, und gehen nach den divergenten Linien Oa, Ob, Oc, und rühren das Ohr in den abgesonderten Puncten a, b, c. Ein Musicverständiger kann beynahe unzählig viele Töne, die in unzähligen Puncten zugleich erregt werden, mit dem Gehöre unterscheiden. Quintilian zeiget z) durch die ungemeine Geschicklichkeit eines solchen Mannes, wie es dem menschlichen Verstande nicht unmöglich sey, eine erstaunliche Mannigfaltigkeit von Dingen zu fassen. Der in Wissenschaften und Künsten vortreffliche Gesner erläutert diesen Gedanken a) durch das Exempel des berühmten Bachs, dessen Aufmerksamkeit auf die Uebereinstimmung der Töne in einem Chore von 30 und 40 Personen er zum öftern in Leipzig bewundert hat. Bach spielte selbst unter einer solchen Menge Tonkünstler entweder das Claveßin, oder das Instrument, welches unter allen den Vorzug hat, und aus unzählichen Pfeiffen bestehet, die von der Kraft der Luft belebt werden. Er ließ Hände und Füße mit den geschwindesten Veränderungen arbeiten, und brachte gleichsam ganze Heere mannigfaltiger und übereinstim-

z) In den Institut. Orat. lib. I. c. 12. §. 3.

a) In Nota 3. p. 61.

mender Töne hervor. Bey dem allen war er unter der Menge der spielenden Personen auf eine iegliche aufmerksam. Einer winkte er, die andere erinnerte er durch das Stampfen des Fußes, der dritten gab er mit dem Finger ein Zeichen. Er merkte gleich den geringsten Fehler im Singen, und sang selber, und half ein. Wie viel tausend Schalllinien haben sich da in seinen Ohren in einem Puncte auf einmal durchschnitten! Wie viel tausend Zitterungen sind da auf einmal in einem einzigen Lufttheilchen gemacht worden! Wie ist das möglich, daß keine die andere hindert, daß keine in der andern eine Veränderung machet, daß iegliche ihren Weg fortsetzet? Der Herr von Mairan drückt sich über die Schwierigkeit, wie dieses zu erklären sey, in seiner Abhandlung von der Fortpflanzung des Klanges, und seiner unterschiednen Töne folgendergestalt aus b). Es hat mir immer zu begreifen unmöglich geschienen, wie so viele unterschiedne Töne in einer Zeit sich hören lassen können, wie so viele Stimmen in einem Concerte, oder so viele Töne unterschiedner Saiten, die man auf einmal rühret, die, so zu reden, ieden Ton der anliegenden Luft, die sie umgiebt, eindrücken, und sie

rund

b) In den Memoiren der Academie der Wissenschaften zu Paris, auf das Jahr 1737.

rund um und von einer Nähe zur andern der unmittelbar folgenden Luft mittheilen, wie alle diese Töne, mithin so viele Zitterungen von unterschiedner Dauer treulich und ohne Vermischung zum Ohre gebracht werden. Denn wenn man, wie bisher geschehen ist, annimmt, daß die Lufttheilchen, die den Klang führen, in dieser Absicht untereinander nicht unterschieden seyn sollen; wenn es also gleich gespannte Federn sind: wie kann einerley Masse Luft zu einer Zeit Streiche von unterschiedner Dauer, die iedem Tone eigen sind, annehmen, und sie bis zum Ohre fortpflanzen? Z. E. man schlägt den vollkommnen Accord von der großen Terze und Quinte, ut, mi, sol. Wenn die Luft, den Eindruck des Grundlautes Ut zu behalten, in einer Secunde 100 Streiche thun soll: so muß sie 125 für die Terze, 150 für die Quinte, im Verhältnisse von 5 zu 4 für die eine, und von 3 zu 2 für die andere thun. Kann aber einerley Masse 125 und 150 Streiche thun, indem sie nur 100 thut? Kann sie mit drey bestimmten und unterschiednen Geschwindigkeiten auf einmal zittern? Saget man, diese Geschwindigkeiten wohnten in unterschiednen Theilen dieser Masse; so frage ich: was bringt den einen Theil mehr als den andern dazu, daß er 125 oder 150 Streiche thut, indem der andere nur 100 thut, da man ihnen allen nur einerley Federkraft zueignet? Hat nicht iede Feder für sich,

ohne daß zween oder mehrere Töne zugleich erklingen, ihre Aufspannung und Abschnappung, und behält sie unverändert, so lange sie weder Figur noch Masse ändert? Sind also die elastischen Theile der Luft alle vermögend z. E. in einer Secunde 100 Streiche zu thun? Durch was für eine neue und unbekannte Mechanic thun sie denn 125 und 150? Ich gestehe es, das begreiffe ich nicht, ob ich gleich oft und viel daran gedacht habe.

§. 81.

Die Geschwindigkeit, womit die Luft durch ihre Elasticität den Schall fortpflanzt.

Ein Lufttheilchen kann sich nicht in eben der Zeit, da es zusammen gedrücket wird, zugleich ausdehnen. Dergestalt ist zur Ausdehnung eine kleine Zeit nöthig. In dieser Zeit wird also erst das nächst anliegende Lufttheilchen zusammen gedrückt. Zur Ausdehnung des zweyten Lufttheilchens ist wieder eine kleine Zeit nöthig. In dieser wird also erst das dritte zusammen gedrückt. Solchergestalt wird zu ieglichem Luftstreiche, wodurch ein Lufttheilchen eine Zitterung erhalten kann, eine gewisse Zeit erfodert. Man fragt, wie groß diese Zeit seyn mag? Da uns der Raum eines Lufttheilchens, welches eine Zitterung bekommen kann, unbekannt ist: so läßt sich auf diese

Frage nicht antworten. Man muß demnach auf einen merklichen Raum sehen, welcher aus vielen unmerklichen Räumchen erwächst, und die Zeit bestimmen, welche von der ersten Zitterung im Anfange dieses Raums bis zur letzten am Ende desselben vergehet. Hernach kann man sowohl diesen Raum, als auch die verfloßne Zeit in gleich große Theile eintheilen, und hierauf untersuchen, ob der Schall in gleicher Zeit gleiche Räume vollende. Findet man dieses letztere: so darf man nur die Theile des Raums durch die Theile der Zeit dividiren. Der Quotient zeiget sodann die kleine Zeit, welche die Zitterung der Luft in ieglichem Theile des Raumes zugebracht hat. Will man aber mit Gewißheit sagen, daß die Zeit, welche man im Durchlaufe des Schalles durch einen ausgemeßnen Raum bemerket hat, allemal so groß sey, wenn ein Schall durch diesen Raum gehet: so hat man auf die Feuchtigkeit und Trockenheit und auf die Kälte und Wärme der Luft, auf die Stärke und Schwäche des Schalls, und auf den Wind und dessen Richtung, ob er mit dem Schalle fortlaufe oder ihm entgegen wirke, Achtung zu geben.

Die Geschwindigkeit des Schalles, dessen Laufe weder ein Wind folgt noch entgegen gehet.

Zur Beobachtung der Geschwindigkeit des Schalles in unserer Erdluft hat man Kanonen

lösen lassen, und in einer gewissen Entfernung davon auf die im Losbrennen entstehende Flamme Achtung gegeben, und die Zeit zwischen ihr und dem ankommenden Knalle durch die Oscillationen an einer Penduluhr bemerket. Man hat aber nicht allenthalben einerley Geschwindigkeit wahrgenommen. **Mersennus** c) hat durch viele Versuche gefunden, daß der Schall in einer Secunde 1380 pariser Schuhe durchlaufe. Die florentinischen Naturforscher d) haben von dem Augenblicke, da sie die Flamme an einer gelösten Canone in einer Weite einer italiänischen Meile sahen, bis zum Augenblicke, da sie den Schall hörten, ohngefehr zehn Pendulschläge gezählt, davon ieglicher in einer halben Secunde vollendet wurde. **Muschenbroek** zeiget in den Anmerkungen über diese Beobachtung, daß der Schall nach derselben in einer Secunde durch 1185 Schuhe gegange; seyn und stellt die verschiednen Geschwindigkeiten, die andre Naturforscher in der Bewegung des Schalles bemerket haben, in folgender Tabelle vor, in welcher in einer Reihe die Beobachter genennet, und in der andern die Räume, durch welche der Schall in einer Secunde gelaufen ist, in englischen Schuhen angezeiget werden.

Beobach-

c) de Arte ballistica, prop. 39. *Gassendus* in Physices Sect. I. lib. 6. c. 10. p. 418.
d) Tentaminum Florentinorum P. 2. p. 111.

Beobachter	Schuhe
die Florentiner	1185
berühmte Franz.	1172
Robberval	560
Gassendus	1473
Mersennus	1474
Mersennus	1281
Flamsteed und Halley	1142 e)
Boyle	1200
Roberts	1300
Walker	1338
Newton	968

Cassini, Hugenius, Picard und Römer wollten nach den Beobachtungen der Florentiner die Geschwindigkeit des Schalles genauer erforschen, und wählten sich das pariser Ob-ser-

e) Die Mitglieder der königlichen Societät der Wissenschaften in London, und der königlichen Academie der Wissenschaften in Paris haben durch viele Mühe gefunden, daß sich der londner Schuh zum pariser verhalte wie 107 zu 114. Solches erzählet Herr Professor Lulof in seiner Einleitung zur Erkenntniß der Erdkugel, § 639. Ist nun ein londner Schuh $\frac{107}{114}$ des pariser: so machen 1142 londner Schuhe 1071 $\frac{100}{114}$ pariser.

lösen lassen, und in einer gewissen Entfernung davon auf die im Losbrennen entstehende Flamme Achtung gegeben, und die Zeit zwischen ihr und dem ankommenden Knalle durch die Oscillationen an einer Penduluhr bemerket. Man hat aber nicht allenthalben einerley Geschwindigkeit wahrgenommen. **Mersennus** c) hat durch viele Versuche gefunden, daß der Schall in einer Secunde 1380 pariser Schuhe durchlaufe. Die florentinischen Naturforscher d) haben von dem Augenblicke, da sie die Flamme an einer gelösten Canone in einer Weite einer italiänischen Meile sahen, bis zum Augenblicke, da sie den Schall hörten, ohngefehr zehn Pendulschläge gezählt, davon ieglicher in einer halben Secunde vollendet wurde. **Musschenbroek** zeiget in den Anmerkungen über diese Beobachtung, daß der Schall nach derselben in einer Secunde durch 1185 Schuhe gegangen seyn und stellt die verschiednen Geschwindigkeiten, die andre Naturforscher in der Bewegung des Schalles bemerket haben, in folgender Tabelle vor, in welcher in einer Reihe die Beobachter genennet, und in der andern die Räume, durch welche der Schall in einer Secunde gelaufen ist, in englischen Schuhen angezeiget werden.

Beobach-

c) de Arte ballistica, prop. 39. *Gassendus* in Physices Sect. I. lib. 6. c. 10. p. 418.

d) Tentaminum Florentinorum P. 2. p. 111.

Beobachter	Schuhe
die Florentiner	1185
berühmte Franz.	1172
Robbervall	560
Gassendus	1473
Mersennus	1474
Mersennus	1281
Flamsteed und Halley	1142 e)
Boyle	1200
Roberts	1300
Walker	1338
Newton	968

Cassini, Hugenius, Picard und Römer wollten nach den Beobachtungen der Florentiner die Geschwindigkeit des Schalles genauer erforschen, und wählten sich das pariser Ob-
ser-

e) Die Mitglieder der königlichen Societät der Wissenschaften in London, und der königlichen Academie der Wissenschaften in Paris haben durch viele Mühe gefunden, daß sich der londner Schuh zum pariser verhalte wie 107 zu 114. Solches erzählet Herr Professor Lulof in seiner Einleitung zur Erkenntniß der Erdkugel, § 639. Ist nun ein londner Schuh $\frac{107}{114}$ des pariser: so machen 1142 londner Schuhe $1071\frac{100}{114}$ pariser.

servatorium und la Greve dazu. An diesen zween Oertern, welche 7680 pariser Schuhe von einander liegen, stellten sie im Jahre 1677 am 23 Junius ihre Beobachtungen an, und fanden, daß der Schall den Raum zwischen diesen zween Oertern innerhalb sieben Secunden durchlief. Sie rechneten demnach auf eine Secunde 1097 pariser Schuhe f).

Weil man muthmaßte, daß diese Geschwindigkeit vielleicht annoch zu groß seyn möchte: so hat die pariser Academie der Wissenschaften im Jahre 1738 durch den Herrn **Maraldi, de la Caille** und **Cassini de Thûry** eine neue Untersuchung vornehmen lassen g). Diese Männer suchten Oerter dazu aus, welche durch größere Zwischenweiten von einander entfernt waren, damit man in der Beobachtung der Zeit desto weniger irren möchte. Die ersten Versuche wurden auf der pariser Sternwarte, in **Montmartre** und auf der Mühle zu **Fontenay aux Roses** gemacht. Die Mühle ist von der Sternwarte 3268, die Sternwarte von der Pyramide in **Montmartre** 2931, und **Montmartre** von **Fontenay** 5788 Toisen

f) Dû Hamel in der Historie der parisischen Academie der Wissenschaften, 2 Buche, 3 Section, 2 Capitel, S. 169. und 170.

g) In den parisischen Memoiren auf das Jahr 1738.

sen entfernt. Die Pyramide steht auf der in Frankreich gezognen Mittagslinie. Man ließ an diesen Oertern Pöller und Canonen, achtpfündige und zwölfpfündige, abfeuren. An iedem Orte waren zween Beobachter mit Perpendiculuhren und Taschenuhren, welche Secunden zeigten, bestellet. Desgleichen machte man Versuche im Chateau de Lay, welches von der Mittagslinie nicht weit abstehet; und in Mont-Lehery, welches von der Sternwarte 11756 Toisen entfernt ist. Der Weg von Mont-Lehery bis Montmarter hat 14636 Toisen. Man hat die Kanonen in diesen Oertern wechselsweise gelöset, daß man an ieglichem Orte einen Schuß that, und einen Schuß vom andern hörte und das Feuer hervorbrechen sahe. Dabey ist entweder die Luft ruhig gewesen, oder der Wind hat den Weg schief durchschnitten. Da man die an ieglichem Orte bemerkten Zeiten zwischen der gesehenen Flamme und dem gehörten Knalle mit einander verglichen hat: so sind sie blos um eine Secunde von einander unterschieden gewesen. Woraus man siehet, daß man in der Bemerkung der Geschwindigkeit entweder gar nicht geirret habe, oder ein eingeschlichner Irrthum so klein sey, daß man ihn für nichts achten könne. Da man mit den Secunden die Räume dividirte, die man zwischen der gesehenen Flamme und dem gehörten Knalle durch die Schläge des Penduls bemerkt hatte: so fand es sich, daß

man

man die Geschwindigkeit des Schalles in Isle de France auf 173 Toisen, oder 1038 pariser Schuhe setzen konnte. In der kurz vorher angeführten Tabelle wird die Geschwindigkeit des Schalles in Engelland von dem Flamsteed und Halley 1072 pariser Schuhe geschätzet (S. 237). Diese Geschwindigkeit ist also um 34 Schuhe grösser. Diesen Unterscheid kann man nicht dem Irrthume der Franzosen zuschreiben, welchen sie etwan im Zählen der Pendulschläge möchten begangen haben. Denn Mont-Lehery und Montmartre stehen 87816 Schuhe von einander ab. Wenn demnach der Schall in einer Secunde 1072 Schuhe durchliefse: so hätte er den Weg von Mont-Lehery bis zu Monmartre innerhalb 81 $\frac{284}{1072}$ Secunden zurück legen müssen. Aber nach den Beobachtungen der Franzosen hat er ihn in 84½ Secunden vollendet. Wer sollte wohl denken, daß die Franzosen im Zählen der Pendulschläge zwischen der gesehenen Flamme und dem gehörten Knalle einen Irrthum von drey Secunden sollten begangen haben, da ihre Beobachtungen bey den wechselsweise gelößten Kanonen nur um eine halbe Secunde von einander unterschieden gewesen sind.

Im Jahre 1739 wurden in Provence am Ufer des Meeres an zween Oertern, welche 22572 Toisen von einander abstehen, Beobachtungen angestellt. Die Mathematici, de la Caille und

Cassini

Cassini de Thüry funden, daß der Schall diese Zwischenweite, in welcher weder ein Berg, noch ein anderer Gegenstand ihn aufhalten konnte, bey stillem Wetter in 130 Secunden durchlaufen hatte. Dividirt man 22572 Toisen, oder 135432 Schuhe, durch 130 Secunden: so zeigt der Quotient, daß man der Geschwindigkeit des Schalles am Ufer des Meeres in Provence bey ruhigem Wetter 1041 Schuhe zu geben habe. Im Jahre 1740 hat de la Condamine h) auf der americanischen Insel Cayenne gefunden, daß sich der Schall daselbst geschwinder bewege. Er hat im Februar auf dem Berge Courou, welchen man in Cayenna siehet, zween Tage hintereinander Canonen lösen lassen. Man hat fünf Schüsse bemerket, da der Knall vom Berge in die Stadt Cayenne durch einen Zwischenraum von 20230 Toisen, oder 121380 Schuhen innerhalb 110 Secunden gekommen ist. Aus der Geschwindigkeit des Windes hat de la Condamine geschlossen, der Schall habe jegliche Secunde 183½ Toisen, oder 1101 pariser Schuhe in seinem Laufe vollendet. Hingegen ist der Schall in der americanischen Stadt Quito weit langsamer gewesen. Er ist

h) In seiner Voyage de la Riviere des Amazones, S. 205. und 206.

Q

ist in einer Secunde nur durch 175 Toisen, oder 1050 Schuhe gelaufen.

In den ersten Beobachtungen, welche in Isle de France am 13 März angefangen worden sind, hat man sowohl in stiller Luft, als auch, wenn der Wind den Weg des Schalles unter einer schiefen Richtung durchstrich, die Geschwindigkeit desselben in einer Secunde 1038 Schuhe gefunden. Er hatte fast eben diese Geschwindigkeit, wenn der Wind seinen Weg in senkrechter Richtung durchstrich. Er brachte etwan eine halbe Secunde länger in dem Wege von Mont-Lehery auf Lay, und von Lay auf das Observatorium und von diesem auf Montmartre zu, als in stiller Luft. Denn da kein Wind gieng, kam der Schall aus Süden nach Norden von Mont-Lehery in 48 Secunden nach Lay, und von Lay in 20 Secunden an das Observatorium, uud von diesem in 16½ Secunden nach Montmartre. Die Summe dieser Secunden macht 84½. Als man aber die Kanonen in Montmartre gegen das Observatorium löste, und der Weg, welchen der Schall gegen das südliche Mont-Lehery nahm, von dem Winde in einer senkrechten Richtung durchstrichen ward: so hörte man den Schall aus Montmartre in Mont-Lehery 85 Secunden nach dem gesehenen Feuer.

Die

Die Beschleunigung und Verweilung des Schalles durch den Wind.

Der Schall wird in seinem Laufe verweilet, wenn ihm der Wind entgegen gehet, und vollendet denselben geschwinder, wenn ihm der Wind folgt. Derham i) hat beydes in einem Raume von 10 bis 12 tausend englischen Schuhen zwischen Blackheat und Upminster durch Kanonenschüsse untersuchet und entdecket, die er an dem einen Ende des Raums von einer halber Secunde zur andern des Abends von sechs bis zwölf Uhr thun ließ. An dem andern Ende des Raums gab er auf das Feuer acht, welches den Schuß ankündigte, und zählte an der Uhr, wie viel Secunden von diesem Augenblicke vergiengen, bis er den ankommenden Schall hörte. Strich der Wind dem Schall entgegen: so verflossen 120 auch wohl 122 Secunden. Hingegen vollbrachte er seinen Lauf in diesem Wege in 111, 112, 113, 114, 115, 116, aufs höchste in 117 Secunden, wenn der Wind ihm folgte. Auf diese Beschleunigung und Verweilung haben die französischen Mathematici bey ihren Beobachtungen der Geschwindigkeit des Schalles gleichfalls ihre Aufmerksamkeit gerichtet seyn lassen, und haben eben das wahrgenommen, was Derham bemerket hat. Am 13 März

i) In den Philosophical-Transactionen, N. 313.

ließen sie in Montmartre zween Schüsse thun, da sie in Mont-Lehery den Schall erwarteten. Den ersten Schuß vernahmen sie nach dem gesehenen Feuer in einer Zeit von 82½, und den zweyten in einer Zeit von 83 Secunden. Der Schall wurde von einem starken Nordwinde begleitet. Am 14 März war die Luft ruhig. Sie ließen Kanonenschüsse thun. Aber der Schall brachte auf dem vorigen Wege von Montmartre bis nach Mont-Lehery 85 Secunden zu. Dergestalt hat der Wind am vorigen Tagen durch seine Begleitung den Lauf des Schalles um 2 Secunden beschleuniget. Am 19 März gieng der Wind aus Süden von Mont-Lehery nach Montmartre. Man ließ das Stück in Mont-Lehery lösen, und wartete in Montmartre auf den Schall, und zählte von der Erscheinung des Feuers an, bis zu seiner Ankunft 80¾ Secunden. Am 14 März, da die Luft ganz ruhig war, und in Montmartre Kanonenschüsse gethan wurden, zählte man in Mont-Lehery 85 Secunden. Die Geschwindigkeit des Schalles ist also am 19 März von dem begleitenden Winde um 4 Secunden vermehret worden. Man ließ am 19 März das Stück in Montmartre lösen. Der Südwind war sehr stark, und blies dem Knalle in seinem Laufe von Montmartre nach Mont-Lehery entgegen. Man sahe das Kanonenfeuer auf der Sternwarte, in Lay,

und in Mont-Lehery, hörte aber keinen Knall.

Die Geschwindigkeit des Schalles in warmer und kalter Luft.

In warmer Luft setzet der Schall seinen Lauf geschwinder fort, als in kalter. Dieses zeigen die Beobachtungen, welche der in der Arzney- und Naturwissenschaft berühmte Herr Hofrath Bianconi im Jahre 1740 in Bononien auf der Festung Urbana, und in einem Kloster bey Bononien mit sorgfältiger Aufmerksamkeit angestellet, und 1746 in einem Briefe an den Herrn Scipio Maffei beschrieben hat. Aus diesem Sendschreiben, della diversa velocita del Suono, hat Herr Schulze einen Auszug gemacht, welcher in dem 16 Bande des hamburgischen Magazins, S. 477-485 enthalten ist. Hieraus will ich demnach folgendes anführen, was der Herr Hofrath Bianconi des Nachts vor dem 19 August in der warmen Jahreszeit, und den folgenden Winter darauf in der Nacht vor dem 7 Februar an der Fortpflanzung des Schalles wahrgenommen hat. Das Kloster liegt eine halbe Stunde von Bononien und ist 30 italiänische Meilen von der abendwärts liegenden Festung Urbana entfernt, die man aus dem Kloster sehen kann. Der Herr Hofrath erhielt die Erlaubniß, daß man auf sein Verlangen in der

Festung zu bestimmter Zeit so viele Kanonenschüsse thun sollte, als er zu seinen Absichten für nöthig erachten würde. Er hatte sich mit einem wohl eingerichteten Pendul versehen, und begab sich mit einigen Freunden gegen Abend vor dem 19 August in das Kloster, und erwartete mit ihnen, bis man den Schein der ersten in der Festung abgefeuerten Kanone erblickte. Man zählte an dem Pendul die Secunden, welche vorbey strichen, bis der Schall zu den Ohren der Beobachter kam. Solches geschahe mit der 76 Secunde. Diesen Versuch wiederholte man annoch zu vier verschiednen malen, und man beobachtete beständig einerley Geschwindigkeit des Schalles. Der Himmel war denselben Abend völlig heiter, und die Luft ziemlich ruhig, außer daß es schien, als ob man eine gelinde Bewegung von Norden bemerkte. Das Barometer stund 28 Zolle und 1 Linie, und das reaumürische Thermometer auf 28 Grad über dem Eispuncte. Im folgenden Winter in der Nacht vor dem 7 Februar ward der Versuch in eben diesem Kloster wiederholet. Da man das Feuer von der in der Festung Urbana gelösten Kanone wahrnahm: so zählte man an eben dem Pendul, welches man bey den Sommerversuchen gebraucht hatte, die Secunden, welche vorbey strichen, bis man den Knall hörte. Dieses geschahe mit der $78\frac{1}{2}$ Secunde. Und eben diese Zeit gieng in den vier folgenden Versuchen zwischen dem

Lichte

Lichte und Knalle vorbey. Der Himmel war in dieser Nacht nicht völlig heiter, sondern hin und wieder mit einigem Gewölke bedeckt. Einige Stunden zuvor hatte es einen kleinen Schnee gelegt. Auch war ein ziemlich starker Abendwind zu spüren. Das Barometer stund auf 27 Zoll und 6 Linien, und das erwähnte Thermometer auf $1\frac{2}{10}$ Grad unter dem Eispuncte. Die Geschwindigkeit des Schalles in dieser kalten Luft ist demnach zur Geschwindigkeit des Schalles in der vorigen warmen Luft, wie 76 zu $78\frac{1}{2}$ gewesen.

Die Geschwindigkeit des Schalles in den übrigen Umständen der Luft.

In den Beobachtungen, welche die französischen Mathematici im Jahre 1738 in der Fortpflanzung des Schalles gemacht haben, findet man nicht, daß die Geschwindigkeit desselben entweder am Tage anders als in der Nacht, oder in heiterer Luft anders als in duftiger und neblichter, oder in schwererer Luft anders als in leichterer gewesen sey. Am 14 März Abends um 9 Uhr, da man die Kanonen in Montmartre löste, regnete es, und die Luft war ruhig. Auf der Sternwarte vernahm man den Knall in 16 Secunden nach der Erscheinung des Feuers, in Chateau Lay in der 36ten, und in Mont-Lehery in der 85ten.

Am 16 März des Abends um 9 Uhr war der Himmel heiter, und ein mittelmäßiger Wind blies in senkrechter Richtung gegen den Weg des Schalles zwischen **Montmartre** und **Mont-Lehery**. Man that um 9 Uhr 25 Minuten auf der Sternwarte den Zeichenschuß. Man sahe das Feuer und hörte den Knall in **Montmartre** nach 16½, in **Lay** nach 20, und in **Mont-Lehery** nach 84½ Secunden. Der Schall hat sich also durch heitre und nasse Luft beynahe mit einerley Geschwindigkeit fortgepflanzt.

Am 21 März um 6 Uhr Abends kurz vor Untergang der Sonne löste man bey sehr schwachem Nordwinde das Stück in **Mont-Lehery**. Es hatte fast den ganzen Tag geregnet, und der Himmel war so trübe, daß man von der Sternwarte den Thurm in **Mont-Lehery** mit bloßen Augen nicht unterscheiden konnte. Man richtete ein Fernglas dahin. Hierdurch sahe man gleich um 6 Uhr das Feuer von der gelösten Kanone, und hörte den Knall 68 Secunden darnach. Mit bloßen Augen konnte man das Feuer nicht sehen. Um 6 Uhr 30 Minuten aber unterschied man bey stiller Luft ohne Fernglas, wiewohl schwach, das Feuer des zweyten Schusses, und zählte 60 Secunden und etwas darüber zwischen Feuer und Knall. Am 14 März bey gleicher Witterung des Abends um 10 Uhr hörte man auf der

Stern-

Sternwarte den Knall von der in Mont-Lehery gelösten Kanone in 67½ Secunden nach dem gesehenen Feuer. Die Geschwindigkeit des Schalles ist also bey Nacht und bey Tage fast einerley gewesen.

Am 16 März stand das Quecksilber im Barometer 27 Zolle und 11 Linien hoch, am 21 März aber nur 27 Zolle und 2¼ Linien. Aber man hat bey Beobachtung des Knalles von den gelösten Kanonen keinen Unterscheid wahrgenommen. Denn am 16 März des Abends um 10 Uhr hörte man auf der Sternwarte den Knall der Kanonen, die man in Mont-Lehery löste, in 68 Secunden, und am 21 März Abends um 6 Uhr ebenfalls in 68 Secunden nach dem Feuer.

Der Herr Hofrath Bianconi hat gleichfalls bey sehr neblichter Beschaffenheit der Luft Versuche angestellet. Und da man des Nebels wegen das Feuer der Kanonen nicht erblicken konnte: so verfuhr er dabey folgender maaßen. Er ließ im Jahre 1741 am 12 Februar eine ziemlich starke Kanone in das erwähnte Kloster bringen, und er begab sich in die Festung. Einige von seinen Freunden, die sich im Kloster befanden, zählten beym Loszünden ihrer Kanonen die Secunden an dem gewöhnlichen Pendul: er aber war in der Festung besorgt, die daselbst in Bereitschaft stehende Kanone so-

gleich bey Vernehmung des Knalls abfeuren zu lassen, und gleichfalls auf das Zeitmaaß Acht zu haben. Im Kloster zählte man inzwischen so lange, bis man den Knall von der in der Festung gelösten Kanone hörte. Und dieses wiederholte man zu vier verschiednen malen. Da denn iederzeit 157 volle Secunden vorbey striechen, ehe man den Schall aus der Festung im Kloster vernahm. Wie denn auch die gegen einander gehaltnen Rechnungen in keinem Falle über 3 Secunden unterschieden waren; welche Zeit vermuthlich vorbey gestriechen ist, ehe man in der Festung das Loszünden der Kanone hat bewerkstelligen können. Die Luft ist in dieser Nache mit einem sehr starken Nebel angefüllt, sonst aber stille und ruhig gewesen. Das Barometer hat auf 28 Zolle und 4 Linien, und das Thermometer auf dem Eispuncte selbst gestanden. Wenn man daher von den 157 Secunden den Unterscheid der 3 Secunden, welche beym Loszünden der Kanonen verlohren gegangen seyn mögen, abziehet, und die übrige Summe theilet: so werden 77 Secunden die Zeit seyn, in welcher der Schall den Zwischenraum vom Kloster bis zur Festung durchgelauffen ist. Hieraus kann man schließen, schreibt der Herr Hofrath **Bianconi**, daß die neblichte Beschaffenheit der Luft keinen sonderlichen Unterscheid in der Geschwindigkeit des Schalles verursachet hat. Denn ob dieselbe gleich um 1½ Secunde größer ausfällt als

im

am Jahre 1740 den 18 August, und im Jahre 1741 den 6 Februar: so hat man doch hierbey zugleich mit in Betrachtung zu ziehen, daß die Kälte bey dem letzten Versuche merklich geringer gewesen ist, als am 6 Februar.

Die Geschwindigkeit des schwachen und starken Schalles.

Der schwache Schall läuft eben so geschwind, als der starke. Dieses hat anfänglich **Derham** durch den Schall eines Hammers und den Knall einer Pistole entdeckt k). Den Schlag des Hammers konnte er nur bis auf die Weite einer englischen Meile vernehmen. Aber der Knall der Pistole gieng weiter. War nun **Derham** eine englische Meile vom Hammer und Pistole entfernt, und geschahe der Schlag des Hammers mit dem Pistolenschusse zugleich: so ward auch Schlag und Knall zugleich vernommen. Die französischen Mathematici haben in ihren Beobachtungen gleichfalls wahrgenommen, daß der stärkere Knall nicht geschwinder gehe, als der schwächere. Im Jahre 1738 den 16 März des Abends um 6 Uhr wurden in Montmartre Stückschüsse mit 6 Pfund Pulver gethan. Auf der Sternwarte hörte man sie 16½ Secunden nach dem Feuer. Auf der Sternwarte ward ein Pöller-

k) In den philosophischen Transactionen, N. 313.

lerschuß mit einem halben Pfunde Pulver gethan. In Montmartre ward er gleichfalls 16½ Secunden nach dem Feuer gehöret.

Die Gleichförmigkeit in der Bewegung des Schalles.

Der Schall gehet mit unveränderlicher Geschwindigkeit fort, und hat demnach eine gleichförmige Bewegung, in welcher sich die durchgelaufnen Räume, wie die Zeiten in denselben, gegen einander verhalten. Dieses lässet sich erkennen, wenn man einen Raum, in welchem ein Schall deutlich zu vernehmen ist, in gleiche Theile eintheilet, und am Ende eines ieden Theils iemanden bestellt, welcher die Zeit bemerket, in welcher der Schall dahin kömmt. Die Beobachtungen, welche Derham, die Florentiner und Franzosen gemacht haben, zeigen solches deutlich. Derham hat zu seinen Beobachtungen in Essex am Ufer des Meeres, an welchem der Sand eine Ebene von vielen Meilen macht, einen Raum von 6 Meilen abgemessen, und Kanonen lösen lassen, und am Ende ieglicher Meile auf die Ankunft des Knalles Achtung gegeben. Er vernahm denselben nach dem gesehenen Feuer am Ende einer Meile in 9¼ Secunden, am Ende von zwo Meilen in 18¼ Secunden, und am Ende von drey Meilen in 27½ Secunden. Also durchlief der Schall in doppelter Zeit einen zweyfachen Raum, und in dreyfacher Zeit

einen dreyfachen. Gleichergestalt ist er in vierfacher Zeit durch vier Meilen, in fünffacher Zeit durch fünf Meilen, und in sechsfacher Zeit durch sechs Meilen gegangen. Die Florentiner hörten den Knall der Kanonen in der Weite einer italiänischen Meile in 10 Pendulschlägen von dem Augenblicke an, da sie das Feuer des Schusses gesehen hatten. Sie nahmen die Weite einer halben Meile, und ließen die Kanonen lösen, und vernahmen den Schall in fünf Pendulschlägen nach der Erblickung des Feuers l). Die französischen Mathematici ließen im Jahre 1738 den 16 März in Montmartre zween Kanonenschüsse thun. Der Knall durchlief in $84\frac{1}{2}$ Secunden einen Raum von 87816 Schuhen. Am 14 März gieng der Knall eines Kanonenschusses aus Mont-Lehery bis zur Sternwarte durch 70536 Schuhe in $68\frac{1}{4}$ Secunden. Diese beyden Zeiten verhalten sich beynahe wie die Räume gegen einander. Denn $84\frac{1}{2}=\frac{169}{2}$ und $68\frac{1}{4}=\frac{273}{4}$. Aber $\frac{169}{2}:\frac{273}{4}=87816:70536$.

§. 82.

l) In dem zweyten Theile der Tentaminum, p. 111. et 112. und in der von Musschenbroeken gemachten Anmerkung.

§. 82.

Wie die Dichtigkeit der Schalllinien gegen das Ohr zu in den elastischen Theilen der Luft abnimmt.

Der Raum zwischen den Schalllinien, welche aus dem innersten Puncte eines Lufttheilchens entstehen, wird immer größer, ie weiter sie von diesem Puncte fortgehen (§. 79). In sofern dieser Zwischenraum in einer kleinern Entfernung von dem schallenden Puncte kleiner ist, als der Zwischenraum in einer größern Entfernung: so wird den Schallinien eine gewisse Dichtigkeit zugeeignet, welche mit der wachsenden Entfernung abnimmt (Tab. V. Fig. 3). Wenn die Schalllinien AbB, AxX, AcC aus einem schallenden Puncte A gegen die Oeffnung eines Ohres BXC fortlaufen: so bilden sie einen Kegel, dessen Spitze in dem schallenden Puncte A, und dessen Grundfläche in der Oeffnung des Ohres ist. Die Schalllinie AX, die aus dem Puncte A in den Mittelpunct der Grundfläche gehet, stellt die Axe des Kegels vor. Je näher die Schalllinien dem Puncte A sind, desto größer ist ihre Dichtigkeit. Je mehr aber ihre Entfernung von dem Puncte A zunimmt, desto mehr nimmt ihre Dichtigkeit ab. In dieser Abnahme verhält sich die kleinere Dichtigkeit in der größern Entfernung AX zur größern Dichtigkeit in der kleinern Entfernung Ax wie umgekehrt das

Qua-

Quadrat der kleinern Entfernung Ax zum Quadrate der größern Entfernung AX. Dieses Verhältniß läßt sich folgendergestalt erkennen. In der kleinern Entfernung Ax bilden die Schalllinien den Kegel mit der kleinen Grundfläche bcx, und in der größern Entfernung AX den Kegel mit der größern Grundfläche BCX. In dieser größern Grundfläche stehen die Schalllinien weiter aus einander, als in der kleinern Grundfläche bcx. Um so viel demnach die Grundfläche BCX in der größern Entfernung größer ist, als die Grundfläche bcx in der kleinern Entfernung, um so viel ist die Dichtigkeit der Schalllinien in der größern Entfernung kleiner, als die Dichtigkeit derselben in der kleinern Entfernung. Die kleinere Dichtigkeit auf der Grundfläche BCX in der größern Entfernung AX hat also die Grundfläche bcx in der kleinern Entfernung Ax zum Maaße, und die größere Dichtigkeit auf der Grundfläche bcx in der kleinern Entfernung AX hat die Grundfläche BCX in der größern Entfernung AX zu ihrem Maaße. Die Dichtigkeit in der größern Entfernung AX verhält sich also zur Dichtigkeit in der kleinern Entfernung Ax, wie die Grundfläche bcx in der kleinern Entfernung Ax zur Grundfläche BCX in der größern Entfernung AX. Es verhält sich aber bcx die Grundfläche des klenern Kegels zu BCX der Grundfläche des größern Kegels, wie das Quadrat der kleinern Axe Ax

zum

zum Quadrate der größern Axe AX. Nun ist die kleinere Axe Ax die kleinere Entfernung, und die größere Axe AX die größere Entfernung. Die Dichtigkeit der Schalllinien in der größern Entfernung AX ist demnach zur Dichtigkeit der Schalllinien in der kleinern Entfernung Ax, wie umgekehrt das Quadrat der kleinern Entfernung Ax zum Quadrate der größern Entfernung AX. Folglich ist die Dichtigkeit der Schalllinien in der kleinern Entfernung Ax zur Dichtigkeit der Schalllinien in der größern Entfernung AX wie umgekehrt das Quadrat der größern Entfernung AX zum Quadrate der kleinern Entfernung Ax. Ist z. E. x von A einen Schuh, und X von A zween Schuhe entfernt: so ist die Dichtigkeit der Schalllinien in x viermal größer als in X.

§. 83.

Der Unterscheid der Zitterungen der Luft im starken und schwachen Schalle.

Da der stärkere Schall durch einen weitern Weg gehet, als der schwächere; und in der Entfernung, in welcher der schwächere annoch empfunden wird, einen stärkern Eindruck in das Gehöre macht, als der schwächere: so fragt es sich, ob die Zitterungen der elastischen Lufttheilchen im stärkern eine größere Geschwindigkeit haben, als im schwächern, oder ob im stärkern nur die Menge der Zitterungen größer

sey,

seyn, als im schwächern? Das erstere lässet sich nicht sagen. Denn werden beyde an einerley Orte zugleich erregt: so wird der stärkere an dem Orte, wo sich der schwächere vernehmen lässet, nicht eher gehöret, als dieser. Dergestalt ist die Ursache, warum der stärkere im Gehöre einen stärkeren Eindruck macht, darinnen zu suchen, daß ein elastisches Lufttheilchen, welches ihn in das Ohr bringet, dasselbe mit mehrern Zitterungen rühret, als das Lufttheilchen, welches den schwächern Schall im Ohre erwecket. Denn die Gewalt eines bewegten und wirkenden Körpers bestehet blos in der Geschwindigkeit und in der Menge der Theile, womit er in einen andern wirkt. Nur findet sich bey dem stärkern und schwächern Schalle diese Schwierigkeit, was in dem stärkern die größere Menge der Zitterungen dazu beytrage, daß er seinen Lauf weiter fortsetzt, als der schwächere. Je größer die Menge der Zitterungen ist, die in einem Lufttheilchen zugleich gemacht werden, desto stärker ist seine Elasticität. Denn soll es zittern: so muß es zusammen gedrückt werden, und sich wieder ausdehnen. Entstehen demnach in ihm zugleich viele Zitterungen: so ist es ein Zeichen, daß es durch viele Bewegungen zugleich und folglich stark zusammen gedrückt worden ist. Je stärker aber die Zusammendrückung ist, desto stärker ist die Elasticität, und die dadurch erfolgende Ausdehnung. Solchergestalt wird

R ein

ein stärkerer Schall aus einem Orte, in welchem der schwächere aufhöret, deswegen weiter fortgepflanzt, weil das Lufttheilchen, in welchem viele Zitterungen zugleich entspringen, mit einer stärkern Elasticität in das angrenzende Lufttheilchen wirkt, und dasselbe zusammen drückt und seine Elasticität verstärkt.

§. 84.

Das Verhältniß der Zitterungen der Luft in einem stärkern und schwächern Schalle in gleichen Entfernungen vom Anfange des Schalles.

Ist ein Schall stärker als der andere, und gehet der stärkere durch den Weg AB, und der schwächere in einer gleich großen Zeit durch einen gleich großen Weg ab, der stärkere aber gehet aus B bis in C, wo er so schwach wird, als der schwächere in b ist: so verhält sich in dem stärkern Schalle in B die Anzahl der Zitterungen eines Lufttheilchens daselbst zur Anzahl der Zitterungen eines Lufttheilchens in b, wo der schwächere Schall empfunden wird, wie das Quadrat der größern Entfernung AC zum Quadrate der kleinern Entfernung ab (Tab. V. Fig. 4). Denn die Kraft des stärkern Schalles in B bestehet in der Dichtigkeit der Schalllinien daselbst, und die Kraft des schwächern Schalles in C bestehet in der kleinern Dichtigkeit der Schalllinien in diesem Orte C. Es ver-

verhält sich aber die größere Dichtigkeit der Schalllinien in der kleinern Entfernung bey B zur kleinern Dichtigkeit der Schalllinien in der größern Entfernung bey C, wie das Quadrat der größern Entfernung AC zum Quadrate der kleinern Entfernung AB (§. 82). Eben dieses Verhältniß hat demnach die Kraft des stärkern Schalles in B zur Kraft des schwächern Schalles in b. Nun ist die Kraft des schwächern Schalles in C, welcher von A kömmt, der Kraft des schwächern Schalles in b, welcher von a kömmt, gleich. Dergestalt verhält sich die Kraft des stärkern Schalls in B zur Kraft des schwächern in b, wie das Quadrat der größern Entfernung AC zum Quadrate der kleinern Entfernung ab. Die Kraft des Schalles in einem Lufttheilchen lässet sich mit der Menge der Zitterungen, die in demselben zugleich entstehen, verwechseln. Also verhält sich die Anzahl der Zitterungen in den Lufttheilchen B, in welchen sich der stärkere Schall empfinden läßt, zur Anzahl der Zitterungen in den Lufttheilchen b, in welchen der schwächere Schall vernommen werden kann, wie das Quadrat der größern Entfernung AC, worinnen die Kraft des stärkern Schalles so schwach wird, als die Kraft des schwächern Schalles in b ist, zum Quadrate der kleinern Entfernung ab. Soll aber dieses Verhältniß statt haben: so muß die Luft in der großen und kleinen Entfernung einerley Dichtigkeit haben.

§. 85.

Ob in der Fortpflanzung des hohen und tiefen Tones durch die Luft in der Geschwindigkeit ein Unterscheid sey.

Ein Schall wird ein Ton genennet, wenn man einen andern Schall zugleich betrachtet, und in beyden die Geschwindigkeiten der Zitterungen mit einander vergleichet. Zittern die zitternden Theile in dem einen Tone in einer bestimmten Zeit, z. E. in einer Secunde, öfters oder mehrere male, als in dem andern: so nennt man den ersten Ton hoch und den andern tief. Wenn nun die Luft einen hohen und tiefen Ton zugleich annimmt: so müssen ihre Theile in einerley Zeit auf zweyerley Art zittern, bey dem hohen Tone öfters und geschwinder, bey dem tiefen Tone wenigere male und langsamer. Dergestalt kömmt man auf die Untersuchung, welche der Herr von **Mairan** angestellet hat, ob in einer ziemlichen Weite von einem Orte, wo zween Töne, ein hoher und ein tiefer, zugleich in die Luft kommen, der eine um ein merkliches eher zum Ohre gelange, als der andere? Die Anstalten, wodurch der Herr von **Mairan** solches untersuchet hat, beschreibt er in seiner Abhandlung von der Fortpflanzung des Klanges in den unterschiednen Tönen mit folgenden Worten m).

Ich

m) In den Memoiren der parisischen Academie der Wissenschaften auf das Jahr 1737.

Ich wählte mir dazu, spricht er, zwo Glocken in dem Thurme der Cathedralkirche dieser Stadt. Die eine hält im Durchmesser 5 Schuhe, 6 Zolle und 7 Linien, und wiegt 114 Centner: und die andere 2 Schuhe, 2 Zolle und 3 Linien, und wiegt nach den Regeln der Gießkunst nur 7 Centner. Ihre Töne sind nach der Orgel in der Cathedralkirche B-fa-si, D-la-re. Sie stehen also eine kleine Tertie in der Octave über sich, oder die kleine stehet in der kleinen Decime von der großen Glocke. Meine Einrichtung gieng dahin. Ich wollte in einem Augenblicke auf iede Glocke schlagen lassen, und die Leute, die ich hiezu und zu der Beobachtung nöthig hatte, in drey Haufen theilen. Die in dieser Stadt angelegte Academie der Wissenschaften und Künste, und die sonderbare Geschicklichkeit der meisten Einwohner zu allem, was die Music angehet, waren mir hierbey ungemein vortheilhaft. Der erste Haufe blieb auf dem Thurme bey den Glocken, zum Anschlagen, und von der Augenblicklichkeit beyder Schläge zu urtheilen. Die beyden andern sollten sich an einen stillen Ort, vier bis fünfhundert Toisen weit von der Stadt, oder dem klingenden Körper; einer unter, der andere über dem Winde, begeben: nicht sowohl wegen des Unterscheides, welchen der Wind verursachen möchte, (denn derselbe möchte wohl nichts bedeuten, oder nicht zu merken seyn) als vielmehr deswegen, damit

man zwey besondere und nicht abgeredte Urtheile haben möchte. Ich sollte bey dem ersten Haufen, und darnach auch bey dem andern und dritten seyn. Ich will nicht beschreiben, wie ich es dahin gebracht habe, daß an die beyden Glocken so genau zugleich angeschlagen ward, daß auch das zärteste Ohr keine Zwischenzeit entdecken konnte. Es ward mir schwerer, als man vielleicht denkt, genug aber, ich brachte es so weit. Man sollte alle Minuten an die Glocken schlagen, damit jeder Beobachter an seiner Taschenuhr auf den Augenblick des Schlages Acht haben konnte. Wenn aber einige von diesen doppelten Schlägen nicht auf das genaueste zugleich geschahen: so that man sogleich noch einen Schlag auf die große Glocke, zur Erinnerung, man sollte den Schlag in der ietzigen Minute nicht mit rechnen, sondern auf die folgende Minute warten. Nachdem alles so, wie ich es angestellet hatte, geschehen war, und man funfzig oder sechzig Schläge nach der vorgeschriebnen Art gethan hatte: so ward der Schluß gefällt, der feine Klang der kleinen Glocke sey eine überaus kleine Zeit, die man aber doch habe wahrnehmen können, eher zum Ohre gekommen, als der grobe von der großen Glocke. Am Ende der Erzählung giebt der Herr von Mairan diese Erinnerung. Ein solcher Versuch verdiente, sagt er, daß man ihn sorgfältig wiederholte, damit alle Zweifel, die bey der Schwierigkeit

in

in der Ausführung entstehen können, gehoben werden möchten, zumal da er in dieser Materie so wichtig ist.

§. 86.

Wie sich die Zitterungen der Theile eines schallenden Körpers und der Luft im hohen und tiefen Tone schätzen lassen.

Eine Saite, die einen hohen Ton giebt, zittert, oder vibriret, oder oscilliret öfterer in einer Secunde als eine andere, die einen tiefen Ton giebt. Nach den Geschwindigkeiten der Vibrationen und Oscillationen der klingenden Saiten lassen sich also die Geschwindigkeiten schätzen, womit die Theile der Saiten und die dadurch gerührten Theile der Luft in den hohen und tiefen Tönen zittern.

Man spanne eine lange Saite AB, und schlage oder reiße sie mit einer Feder, und zähle die Oscillationen, welche sie in einer Secunde vollendet (Tab. V. Fig. 5); man setze mitten unter sie in C einen Steg, und schlage oder reiße die halbe Saite AC, und zähle die Oscillationen, welche die halbe Saite AC in einer Secunde macht: so wird man finden, daß sich die Anzahl der Oscillationen, welche die halbe Saite AC in einer Secunde vollbracht hat, zur Anzahl der Oscillationen, welche die ganze Saite AB in einer Secunde gethan hat, wie 2

zu 1 verhalte. Setzt man mitten unter die Saite AC einen Steg in D, und reißt die halbe Saite AD: so verhält sich die Anzahl der Oscillationen dieser halben Saite AD zur Anzahl der Oscillationen der ganzen Saite AC ebenfalls wie 2 zu 1, wenn beyde Saiten eine Secunde oscilliret haben. Ist die Saite AB lang genug, daß sich die Oscillationen in den halbirten Saiten, ihrer großen Geschwindigkeit ohngeachtet, zählen lassen: so setze man die Eintheilung, da man eine halbirte Saite immer wieder halbiret, indem man unter iegliche in der Mitten einen neuen Steg setzet, durch viele Reihen und Ordnungen fort. Man wird in ieglicher Reihe finden, daß eine halbirte Saite in einer Secunde zweymal so viel Oscillationen macht, als die ganze Saite, wovon sie die Hälfte ist. Der Ton einer solchen halbirten Saite, die mit der ganzen einerley Spannung hat, heißt eine **Octave**. Ist die ganze Saite AB zum ersten male halbiret worden: so heißt der Ton der halben Saite AC die **einfache Octave**. Wird die halbe Saite AC wieder halbiret: so heißt der Ton der halben AD die **doppelte Octave**. Man nenne AC die Hälfte der ersten Ordnung, und AD die Hälfte der zweyten Ordnung. Die Octave in der Hälfte der dritten Ordnung AE ist die **dreyfache**, in der Hälfte der vierten Ordnung AF die **vierfache**, in der Hälfte der fünften Ordnung AG die **fünffache**, in der

Hälfte

Hälfte der sechsten Ordnung AH die sechsfache, in der Hälfte der siebenten Ordnung AI die siebenfache, in der Hälfte der achten Ordnung AK die achtfache, in der Hälfte der neunten Ordnung AL die neunfache, und in der Hälfte der zehnten Ordnung AM die zehnfache. Hieraus ist klar, wie sich die Oscillationen der Saiten in allen Octaven gegen einander verhalten. Wird die Zahl der Oscillationen in einer Octave doppelt genommen: so hat man die Zahl der Oscillationen in der nächst folgenden Octave. Geschehen demnach in der einfachen Octave 2 Oscillationen: so geschehen ihrer in der doppelten 4, in der dreyfachen 8, in der vierfachen 16, in der fünffachen 32, in der sechsfachen 64, in der siebenfachen 128, in der achtfachen 256, in der neunfachen 512, und in der zehnfachen 1024. Eben dieses Verhältniß haben die Zitterungen gegen einander, worein die elastischen Theile der Luft durch die Töne in den verschiednen Octaven gerathen.

§ 87.

In wie viel Zitterungen ein Lufttheilchen durch den Klang einer Saite in einer Secunde gebracht werden könne.

Weis man demnach, wie vielmal eine Saite in dem ersten tiefen Tone in einer Secunde oscilliret: so kann man leicht finden, in wie viel

Zitterungen ein elastisches Lufttheilchen durch die verschiednen Octaven einer klingenden Saite in einer Secunde gebracht werden könne. Man darf nur die Zahl der Oscillationen, welche die Saite in einer Secunde thut, da sie den ersten tiefen Ton giebt, durch die Kennzahl jeglicher Octave multipliciren. **Musschenbroek** erzählet n), man habe gefunden, daß eine Saite von 96 Schuhen in der Länge, die durch ein gewisses Gewichte gespannt gewesen sey, in einer Secunde nur einmal oscilliret habe. Durch den Klang einer solchen Saite würde demnach die Luft in einer Secunde in der einfachen Octave 2, in der doppelten 4, in der dreyfachen 8, in der vierfachen 16, in der fünffachen 32, in der sechsfachen 64, in der siebenfachen 128, in der achtfachen 256, in der neunfachen 512, und in der zehnfachen 1024 mal zittern. Gesetzt aber, eine gespannte Saite oscillirte in dem ersten tiefen Tone in einer Secunde $12\frac{1}{2}$ mal: so würde ein elastisches Lufttheilchen durch die Wirkung dieser Saite in der einfachen Octave $2 \times 12\frac{1}{2} = 25$, in der doppelten $4 \times 12\frac{1}{2} = 50$, in der dreyfachen $8 \times 12\frac{1}{2} = 100$, in der vierfachen $16 \times 12\frac{1}{2} = 200$, in der fünffachen $32 \times 12\frac{1}{2} = 400$, in der sechsfachen $64 \times 12\frac{1}{2} = 800$, in der siebenfachen $128 \times 12\frac{1}{2} = 1600$, in der achtfachen $256 \times 12\frac{1}{2} = 3200$, in der neunfachen

n) In Institutionibus Physicae, §. 1423.

fachen $512 \times 12\frac{1}{2} = 6400$, in der zehnfachen $1024 \times 12 = 12800$ mal zittern.

§. 88.

Die Weiten zwischen den Zitterungen, wodurch ein Ton in der Luft fortgepflanzt wird.

Die Zitterungen der Luft, durch deren Verbindung ein Ton in einer Secunde durch einen gewissen Raum fortgepflanzt wird, sind durch gewisse Weiten von einander abgesondert, die aber immer kleiner werden, ie geschwinder die Zitterungen sind, oder ie mehrere in einer Secunde auf einander folgen. Diese Weiten, oder Zwischenräume lassen sich folgendergestalt berechnen. Die Zitterungen, aus welchen ein Ton zusammengesetzt ist, sind seine Theile, und die Weiten zwischen den Zitterungen sind die Theile des Raumes, welchen der Ton in einer Secunde durchläuft. Dieser Raum ist also als ein Product anzusehen, welches erzeugt wird, indem man die Menge der Zitterungen, die in einer Secunde entspringen, mit der Größe eines Zwischenraums, oder einer Weite zwischen zween Zitterungen, multipliciret. Die Menge der Zitterungen, und die Größe eines Zwischenraumes sind die beyden Factores. Dividiret man demnach den Raum, welchen ein Ton in einer Secunde zurück legt, durch die Menge der Zitterungen, die in einer Secunde entstehen: so zeigt der Quotient die

Größe des Zwischenraums an, wodurch eine Zitterung von der andern entfernt ist. Die Zwischenräume, oder Weiten zwischen den Zitterungen, deren Menge einen Ton ausmacht, sind gleich groß, weil die Zitterungen in ihrer Bewegung gleichförmig sind (S. 252). Der Raum, welchen ein Ton in einer Secunde vollendet, mag 1041 pariser Schuhe in sich fassen (S. 241). Der tiefste Ton einer Saite mag seyn, wenn sie in einer Secunde $12\frac{1}{2}$ mal oscilliret, und also in der Luft $12\frac{1}{2}$ Zitterungen gemacht werden. Werden nun 1041 Schuhe durch $12\frac{1}{2}$ dividiret: so findet man, daß eine Zitterung von der andern 83 Schuhe entfernt ist. Denn $1041 : 12\frac{1}{2} = 1041 : \frac{25}{2} = \frac{1041}{1} \times \frac{2}{25} = \frac{2082}{25} = 83$.

Vorher ist gezeigt worden, wie viel Zitterungen in der Luft, oder Luftstreiche (S. 227) in ieglicher Octave in einer Secunde entstehen (§. 87), wenn die Saite in dem ersten tiefen Tone $12\frac{1}{2}$ mal oscilliret. Nimmt man demnach die Menge der Zitterungen der Luft in ieglicher Octave, und dividiret damit den Raum von 1041 Schuhen: so findet man in ieglicher Octave die Weite und den Zwischenraum der Luftstreiche. In folgender Tabelle werden in der ersten Reihe die Octaven, und in der andern die Weiten der Luftstreiche in Schuhen und Zollen und Linien vorgestellet.

Octaven

Octaven.	Schuhe.
in der einfachen	$\frac{1041}{25} = 41\frac{16}{25}$
in der doppelten	$\frac{1041}{50} = 20\frac{41}{50}$
dreyfachen	$\frac{1041}{100} = 10\frac{41}{100}$
vierfachen	$\frac{1041}{200} = 5\frac{41}{200}$
fünffachen	$\frac{1041}{400} = 5\frac{41}{400}$
sechsfachen	$\frac{1041}{800} = 1\frac{241}{800}$
	Zolle.
siebenfachen	$\frac{12492}{1600} = 7\frac{1292}{1600}$
achtfachen	$\frac{12492}{3200} = 3\frac{2892}{3200}$
neunfachen	$\frac{12492}{6400} = 1\frac{6092}{6400}$
	Linien.
= = zehnfachen	$\frac{149904}{12800} = 11\frac{9104}{12800}$

§. 89.

Ob sich zeigen lasse, wie viele Zitterungen in der Luft ein Pfeiffenton in einer Secunde hervorbringe.

Herr Professor Euler zeigt in seinem Tentamine Nouae Theoriae Musicae o) man könne

o) Cap. I de Sono et Auditu, §. 28.

ne nicht sagen, daß in den musicalischen Instrumenten, welche geblasen werden, die Töne durch die zitternden Bewegungen der Instrumente erzeugt würden. Solches sey daher klar, weil cylindrische Pfeiffen einerley Klang hätten, wenn sie nur gleich lang wären, übrigens möchten sie in der Weite und Dicke, und in der Materie selber noch so sehr von einander unterschieden seyn. Wie könnten, sagt er, so sehr von einander unterschiedne Pfeiffen auf einerley Art zittern? Man ist der Meynung, es gerathe in diesen klingenden Instrumenten nur die innerliche Fläche in ein Zittern. Auch dieses leugnet der Herr Professor Euler, weil die Verschiedenheit der Materie dawider streite. Denn Pfeiffen aus verschiedner Materie gäben einerley Klang, wenn sie nur einerley Länge hätten. Er schließt also daraus, in den Pfeiffen werde der Ton durch die Zitterungen der in ihrer holen Länge enthaltnen Luft hervorgebracht. Er beweiset solches aus dem innern Baue der Pfeiffen, die mit Mundstücken versehen sind p). Ein dergleichen Mundstücke hat einen Ritz, welcher in das Rohr gehet. Durch diesen Ritz wird die eingeblasne Luft aus dem Mundstücke dergestalt getrieben, daß sie auf der inwendigen Fläche hinstreicht. Durch die Hölung der Pfeiffe darf sie nicht gehen. Daher pflegt man

p) §. 29.

man die Seite des Rohrs, die dem Ritze entgegen stehet, auszuschneiden, daß die anschlagende Luft daran gleichsam zerspalten wird, und nur eine ganz dünne Luft durch das Rohr fortkriecht. Hat eine Pfeiffe kein Mundstück, man bläst aber die Luft dergestalt hinein, daß sie an der inwendigen Fläche hinschleicht: so giebt sie eben sowohl einen Klang, als eine andere, die mit einem Mundstücke versehen ist. Nachdem nun der Herr Professor Euler auf diese Art gewiesen hat, daß der Klang in den Pfeiffen durch die Erschütterung der Luft in ihnen entstehe: so zeigt er nunmehro, wie dieses geschehe q). Der Innhalt seiner Gedanken ist folgender. Wird in eine Pfeiffe geblasen: so wird die in ihr enthaltne Luft der Länge nach zusammen gedrückt. Diese zusammengedrückte Luft breitet sich den Augenblick wieder aus, da das Blasen nachläßt, und wird wieder zusammen gedrückt, und breitet sich abermal aus. Durch diese geschwinde Abwechselung des Zusammendrückens und Ausbreitens gerathen die elastischen Lufttheilchen in zitternde Bewegungen. Die Luftsäule in der Pfeiffe thut eben das, was eine gleich lange und gleich wichtige Saite thut, die durch ein Gewichte gedehnt wird, welches dem Drucke gleich ist, womit die äußere Luft gegen die inwendige wirkt. Wie die Elasticität einer

Saite

q) §. 31 sqq.

Saite zunimmt, wenn sie von einem angehenkten Gewichte gedehnet wird: so wird auch die Elasticität der Luftsäule in der Pfeiffe durch einen gleich starken Druck der auswendigen Luft vermehret. So vielmal demnach eine Saite oscilliret, wenn sie geschlagen oder gerissen wird, und an Länge und Schwere der Luftsäule in der Pfeiffe gleich ist, und von einem Gewichte so stark gedehnet wird, als die auswendige Luft gegen die Luftsäule in der Pfeiffe drückt, so vielmal zittert auch diese Luftsäule. Der Druck der äußern Luft gegen die Luftsäule in der Pfeiffe, ist dem Gewichte einer Quecksilbersäule gleich, deren Grundfläche so groß ist, als die Grundfläche der Luftsäule in der Pfeiffe, und deren Höhe zur Zeit, da man die Untersuchung anstellt, der Höhe im Barometer gleich ist (§.32). Die Schwere der Luftsäule in der Pfeiffe findet man, wenn man die Anzahl ihrer Cubiczolle durch das Gewichte, was ein Cubiczoll hat, multipliciret. Will man demnach erforschen, wie vielmal eine Luftsäule in einer Pfeiffe, die geblasen wird, in einer Secunde oscillire: so nimmt man an ihrer statt eine Saite, die mit ihr einerley Länge und Schwere hat, und von einem Gewichte gedehnet wird, welches so groß ist, als das Gewicht einer Quecksilbersäule, die mit der Luftsäule in der Pfeiffe einerley Grundfläche hat, und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist; und untersuchet, wie vielmal diese Saite

in

in einer Secunde oscilliren würde. Die Regel dieser Untersuchung hat Herr Professor Euler §. 9. vorgetragen, und hat nach derselben §. 10. gefunden, daß eine Saite, die in der Länge 1510 Tausendtheilchen eines rheinländischen Schuhes hat, und 6$\frac{1}{5}$ Grane wiegt, und von 6 Pfunden oder 46080 Granen gedehnet wird, in einer Secunde 392mal oscillire oder vibrire.

Die Regel, nach welcher man die Anzahl der Oscillationen findet, die eine Saite in einer Secunde thut, wird in Newtons Principiis im 2ten Buche von le Seur und Jacquier in der 303ten und 304ten Erläuterung, S. 351. erkläret, und bestehet in sechs Stücken. Erstlich wird das Gewichte, wodurch die Saite gedehnet wird, durch ihre Schwere dividiret. Zum andern wird der gefundne Quotient durch 3166 rheinländische Scrupel, die ein in einer Secunde einmal oscillirendes Pendul hat, multipliciret. Zum dritten wird das Product davon durch die Länge der Saite dividiret. Zum vierten wird aus dem entstandnen Quotienten die Quadratwurzel gezogen. Zum fünften wird diese Quadratwurzel durch die Peripherie des Cirkels 355 multipliciret. Zum sechsten wird das Product hiervon durch den Diameter des Cirkels dividiret. Der herauskommende Quotient zeiget die Anzahl der Oscillationen an, welche die Saite in einer Secunde voll-

bringt. Ist also das an der Saite hängende Gewichte 46080 Gran, und die Schwere der Saite $6\frac{1}{5}$ Gran, und man dividiret die erstere Zahl durch die andere: so ist der Quotient 7432. Wird dieser Quotient durch 3166 multipliciret: so ist das Product $= 3166 \times 7432$. Hat die Länge der Saite 1510 Scrupel, und wird das vorige Product hierdurch dividiret: so ist der Quotient $= \frac{3166 \times 7432}{1510}$. Die Quadratwurzel hiervon ist $= \sqrt{\frac{3166 \times 7432}{1510}}$. Wird diese Quadratwurzel durch 355 multipliciret, und das Product durch 113 dividiret: so ist der Quotient $= \frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166 \times 7432}{1510}} = 392$.

Da nun der Luftcylinder in der Pfeiffe als eine Saite; die Länge des Luftcylinders als die Länge der Saite; die Schwere des Luftcylinders als die Schwere der Saite; und die Kraft, womit der Luftcylinder in der Pfeiffe von einer Luftsäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Cylinders gleich ist, gedrückt wird, und folglich der Druck einer Quecksilbersäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Luftcylinders in der Pfeiffe und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist, als das an der Saite hängende Gewichte angesehen werden kann: so läßt sich die Anzahl der Oscillationen, die in einem Pfeiffentone eine Secunde hie-

durch

durch gemacht werden, auf folgende Art berechnen. Erstlich dividiret man das Gewichte einer Quecksilbersäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Luftcylinders in der Pfeiffe, und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist, durch die Schwere des Luftcylinders. Zum andern multipliciret man den gefundnen Quotienten durch 3166 rheinländische Scrupel, die ein Pendul hat, welches in einer Secunde einmal oscilliret. Zum dritten multipliciret man das Product davon durch die Länge des Luftcylinders in der Pfeiffe. Zum vierten ziehet man aus dem entstandnen Quotienten die Quadratwurzel. Zum fünften diese Quadratwurzel multipliciret man durch die Peripherie des Cirkels 355. Zum sechsten dividiret man das Product hiervon durch den Diameter des Cirkels 113. In dem herauskommenden Quotienten siehet man also die Anzahl der Oscillationen der Luft, die in einem Pfeiffentone eine Secunde hindurch gemacht werden.

§. 90.

Wenn und wie die Lufttheile den Schall reflectiren.

Soll ein Schall, welchen die Luft durch die Linie AB aus dem Orte A in den Ort B gebracht hat, von dem Orte B zurück gehen, und von dar durch die Luft fortgepflanzet, oder reflectiret werden: so muß in dem Orte B eine

feste Materie seyn, die nicht nachgiebt, und das zitternde Lufttheilchen, welches in dieser Linie an dem Orte B ist, durch die Gegenwirkung einer Sache in B so stark zusammen gedrückt werden, daß es sich durch eine elastische Kraft entweder gegen den Ort A, oder gegen einen andern C ausbreitet, und ein angrenzendes Lufttheilchen zusammen drückt (Tab. V. Fig 6). Wird das zitternde Lufttheilchen, welches in der Linie AB zuletzt an den Ort B schlägt, an demselben durch keine Gegenwirkung zusammen gedrückt: so kann es auch den Schall, welchen es in B gebracht hat, nicht wieder empfangen, und ihn von dem Orte B entweder durch den Weg AB gegen A, wo er seinen Ursprung genommen hat, oder durch den Weg BC gegen C wegführen. Denn die Erweckung und Fortpflanzung des Schalles in der Luft ist anders nicht möglich, als daß die Lufttheilchen durch ihre Zusammendrückung und Ausdehnung in ein Zittern gerathen (§. 76 und 77).

§. 91.

Die gerade und schiefe Reflexion des Schalles durch die Luft.

Der Ort B, aus welchem ein angekommner Schall reflectiret wird, liegt in einer gewissen Fläche (Tab. V. Fig. 7). Machet die Schalllinie AB, in welcher der Schall aus dem Orte A in den Ort B gehet, mit der Fläche DBE einen rechten

ten Winkel: so wird der Schall aus B in der senkrechten Linie BA gegen A reflectiret. Denn nach dieser Linie wirkt das an B liegende Lufttheilchen in seiner Zitterung, womit es den Schall weiter fortzupflanzen sucht, in den Ort B. Dergestalt wirkt die Materie in B gegen dieses Lufttheilchen nach der senkrechten Linie BA zurück. Denn die Gegenwirkung erfolgt allemal nach der Linie, wornach die Wirkung geschiehet. Weil die Materie im Orte B nicht weicht: so muß sich das zusammengedrückte Lufttheilchen durch seine elastische Kraft auf der senkrechten Linie BA, auf welcher nachgebende Lufttheilchen liegen, gegen A ausbreiten, und den Schall dahin reflectiren. Diese Reflexion des Schalles heißet die **gerade**. Gehet aber der Schall aus F nach der Linie FB, welche mit der Fläche DBE einen schiefen Winkel FBD machet; und die Fläche BE ist glatt, oder hat keine hervorragende Theilchen, welche der Bewegung des Schalles hinderlich sind: so wird der Schall aus B gegen C nach der Linie BC, die gleichfalls mit der Fläche DBE einen schiefen Winkel CBE machet, welcher dem Einfallswinkel FBD gleich ist, reflectiret. Und diese Reflexion des Schalles heißt die schiefe. Denn die Kraft, wodurch der Schall aus F gegen B fortgepflanzet wird, wirkt nach zween Gegenden, nach FD und FA. Denn der Schall kann nach der Linie FB nicht anders in B kommen, als indem er sich sowohl der Li-

nie DB, als auch der Linie AB nähert. Die Kraft, womit er durch die schiefe Linie FB in B gebracht wird, bestehet also aus zween Theilen, davon der eine nach der senkrechten Linie FD, oder nach der ihr parallelen Linie AB, und der andere nach der Linie FA oder AC, die mit der Linie DB und BE parallel läuft, seine Wirkung thut. Mit dem Theile der Kraft, wodurch der Schall durch die senkrechte Linie AB gebracht wird, wirkt das zitternde Lufttheilchen bey B in B, und die Materie in B wirkt nach eben dieser Linie BA zurück. Weil die Linie AC der Linie BE parallel ist: so thut der Theil der Kraft, dessen Richtung nach AC oder BE gehet, in den Ort B keine Wirkung, und sucht also den Schall nach der Linie BE weiter zu bringen. Solchergestalt wirkt das durch die Gegenwirkung der Materie B zusammengedrückte Lufttheilchen mit einer Kraft, die aus zween Theilen bestehet. Der eine Theil wirkt nach der senkrechten Linie BA, und der andere nach BE. Dergestalt gehet der Schall nach dem Gesetze von der zusammengesetzten Bewegung r) nach der Diagonallinie BC gegen C. So

r) Die Kräfte, welche nach den Linien BA und BE wirken, die einen Winkel ABE einschließen, heißen conspirirende Kräfte (Tab. V. Fig. 7): und die Bewegung, welche aus diesen Kräften erfolget, heißt eine zusammengesetzte Bewegung von conspirirenden Kräften.

Ver-

So stark nun das zitternde Lufttheilchen gegen B wirkt, so stark wirkt die Materie in B in das Lufttheilchen zurück. Dieses Lufttheilchen suchet sich also durch seine Elasticität so stark gegen A auszubreiten, als es sich zuvor gegen B auszubreiten suchte. Den Theil der Kraft nach der Linie BE hat es noch wie vorhin. Dergestalt muß es sich, im ersten Augenblicke nach der Gegenwirkung, nach der Diagonallinie BC auszubreiten und den Schall gegen C auf diese Linie zu reflectiren suchen, die von der Linie BA so weit absteher, als die Linie FB, nach welcher der Schall gekommen ist. Also ist der Reflexionswinkel CBE im reflectirten Schalle dem Einfallswinkel FBD im angekommenen Schalle gleich.

§. 92.

Wie die zerstreuten Schalllinien durch die Reflexion wiederum zusammen gebracht werden.

Wenn die Schalllinien, die von dem Orte ihres Ursprungs an immer weiter aus einander laufen, ie weiter sie von demselben fortgehen (§. 79. und 82), durch die Reflexion wieder zusammen gebracht werden sollen: so muß die

Verhalten sich die Geschwindigkeiten derselben gegen einander, wie ihre Richtungslinien BA und BE: so geschiehet die Bewegung durch die Diagonallinie BC.

reflectirende Fläche, an welcher die Schalllinien stoßen, eine gewisse Höhlung haben. Hat sie eine andere Gestalt: so werden die Schalllinien in der Reflexion zerstreuet. (Tab. V. Fig. 8). Denn ist die reflectirende Fläche CBD platt und eben: so gehet der einzige Schall, welcher in der senkrechten Linie AB in den Punct B gebracht worden ist, aus demselben in dieser Linie gegen A zurück. Hingegen der Schall, welchen die Luftlinien AM und AN an M und N bringen, wird aus M und N nach den Linien MO und NP reflectiret, die mit der Fläche CBD schiefe Winkel machen, und sich von der senkrechten Linie immer weiter entfernen, ie weiter sie von der Fläche fortlaufen. (Tab. V. Fig. 9). Ist die reflectirende Fläche HBK erhaben rund: so wird der Schall in den Linien AM und AN, die sich in ihrem Lauffe aus dem Puncte A gegen die Puncte M und N von der senkrechten Linie nach und nach immer weiter entfernen, aus den Puncten M und N dergestalt reflectiret, daß die Linien MP und NO sich noch weiter von der senkrechten Linie AB entfernen, als AM und AN. Alles dieses geschiehet daher, weil die Schalllinien AM und AN sowohl auf die platte, als auch auf die erhaben runde Fläche unter schiefen Winkeln auffallen, und unter gleich großen Winkeln seitwärts reflectiret werden (§. 279). Aber nach eben diesem Gesetze der Reflexion werden die Schalllinien, die in ihrem Laufe gegen eine

hole

hole Fläche sich von der senkrechten Linie entfernen, von dieser Fläche dergestalt reflectiret, daß sie in ihrem Rücklaufe der senkrechten Linie immer näher kommen, und sich endlich mit ihr vereinigen (Tab. V. Fig. 11). Die hole Fläche mag aus zwo platten Flächen AC und BC bestehen, die sich gegen einander neigen. Fällt die Schallinie EF auf die Fläche AC, und macht mit ihr bey F einen schiefen Winkel EFA: so wird sie unter einem gleich großen Winkel CFO durch die Linie FO an O gebracht, und aus O in den Punct ihres Ursprungs E reflectiret. Gleichergestalt gehet die Schallinie EO aus O in F, und aus F in E. (Tab. V. Fig. 10). Ist die hole Fläche cirkelförmig, und man kann den Punct A, aus welchem die Linien des Schalles AE, AD, AC, AB, AF, AG gegen sie laufen, als ihren Mittelpunct ansehen: so sind diese Schallinien nach der Natur des Cirkels als senkrechte Linien zu betrachten. Dergestalt gehet der reflectirte Schall aus G nach GA, aus F nach FA, aus B nach BA, aus C nach CA, aus D nach DA, und aus E nach EA in den Punct A zurück.

Wird in dem Brennpuncte eines elliptischen Gewölbes ein Schall erregt: so werden die Schallinien, die aus dem Brennpuncte an die Fläche fallen, von derselben in den andern Brennpunct geworfen. Dieser Satz läßt sich auf eben die Art beweisen, wie Wolf in der

reflectirende Fläche, an welcher die Schalllinien stoßen, eine gewisse Höhlung haben. Hat sie eine andere Gestalt: so werden die Schalllinien in der Reflexion zerstreuet. (Tab. V. Fig. 8). Denn ist die reflectirende Fläche CBD platt und eben: so gehet der einzige Schall, welcher in der senkrechten Linie AB in den Punct B gebracht worden ist, aus demselben in dieser Linie gegen A zurück. Hingegen der Schall, welchen die Luftlinien AM und AN an M und N bringen, wird aus M und N nach den Linien MO und NP reflectiret, die mit der Fläche CBD schiefe Winkel machen, und sich von der senkrechten Linie immer weiter entfernen, ie weiter sie von der Fläche fortlaufen. (Tab. V. Fig. 9). Ist die reflectirende Fläche HBK erhaben rund: so wird der Schall in den Linien AM und AN, die sich in ihrem Lauffe aus dem Puncte A gegen die Puncte M und N von der senkrechten Linie nach und nach immer weiter entfernen, aus den Puncten M und N dergestalt reflectiret, daß die Linien MP und NO sich noch weiter von der senkrechten Linie AB entfernen, als AM und AN. Alles dieses geschiehet daher, weil die Schalllinien AM und AN sowohl auf die platte, als auch auf die erhaben runde Fläche unter schiefen Winkeln auffallen, und unter gleich großen Winkeln seitwärts reflectiret werden (§. 279) Aber nach eben diesem Gesetze der Reflexion werden die Schalllinien, die in ihrem Laufe gegen eine

hole

hole Fläche sich von der senkrechten Linie entfernen, von dieser Fläche dergestalt reflectiret, daß sie in ihrem Rücklaufe der senkrechten Linie immer näher kommen, und sich endlich mit ihr vereinigen (Tab. V. Fig. 11). Die hole Fläche mag aus zwo platten Flächen AC und BC bestehen, die sich gegen einander neigen. Fällt die Schalllinie EF auf die Fläche AC, und macht mit ihr bey F einen schiefen Winkel EFA: so wird sie unter einem gleich großen Winkel CFO durch die Linie FO an O gebracht, und aus O in den Punct ihres Ursprungs E reflectiret. Gleichergestalt gehet die Schalllinie EO aus O in F, und aus F in E. (Tab. V. Fig. 10). Ist die hole Fläche cirkelförmig, und man kann den Punct A, aus welchem die Linien des Schalles AE, AD, AC, AB, AF, AG gegen sie laufen, als ihren Mittelpunct ansehen: so sind diese Schalllinien nach der Natur des Cirkels als senkrechte Linien zu betrachten. Dergestalt gehet der reflectirte Schall aus G nach GA, aus F nach FA, aus B nach BA, aus C nach CA, aus D nach DA, und aus E nach EA in den Punct A zurück.

Wird in dem Brennpuncte eines elliptischen Gewölbes ein Schall erregt: so werden die Schalllinien, die aus dem Brennpuncte an die Fläche fallen, von derselben in den andern Brennpunct geworfen. Dieser Satz läßt sich auf eben die Art beweisen, wie **Wolf** in der

ne nicht sagen, daß in den musicalischen Instrumenten, welche geblasen werden, die Töne durch die zitternden Bewegungen der Instrumente erzeugt würden. Solches sey daher klar, weil cylindrische Pfeiffen einerley Klang hätten, wenn sie nur gleich lang wären, übrigens möchten sie in der Weite und Dicke, und in der Materie selber noch so sehr von einander unterschieden seyn. Wie könnten, sagt er, so sehr von einander unterschiedne Pfeiffen auf einerley Art zittern? Man ist der Meynung, es gerathe in diesen klingenden Instrumenten nur die innerliche Fläche in ein Zittern. Auch dieses leugnet der Herr Professor Euler, weil die Verschiedenheit der Materie dawider streite. Denn Pfeiffen aus verschiedner Materie gäben einerley Klang, wenn sie nur einerley Länge hätten. Er schließt also daraus, in den Pfeiffen werde der Ton durch die Zitterungen der in ihrer holen Länge enthaltnen Luft hervorgebracht. Er beweiset solches aus dem innern Baue der Pfeiffen, die mit Mundstücken versehen sind p). Ein dergleichen Mundstücke hat einen Ritz, welcher in das Rohr gehet. Durch diesen Ritz wird die eingeblasne Luft aus dem Mundstücke dergestalt getrieben, daß sie auf der inwendigen Fläche hinstreicht. Durch die Hölung der Pfeiffe darf sie nicht gehen. Daher pflegt man

p) §. 29.

man die Seite des Rohrs, die dem Ritze entgegen stehet, auszuschneiden, daß die anschlagende Luft daran gleichsam zerspalten wird, und nur eine ganz dünne Luft durch das Rohr fortkriecht. Hat eine Pfeiffe kein Mundstück, man bläst aber die Luft dergestalt hinein, daß sie an der inwendigen Fläche hinschleicht: so giebt sie eben sowohl einen Klang, als eine andere, die mit einem Mundstücke versehen ist. Nachdem nun der Herr Professor Euler auf diese Art gewiesen hat, daß der Klang in den Pfeiffen durch die Erschütterung der Luft in ihnen entstehe: so zeigt er nunmehro, wie dieses geschehe q). Der Innhalt seiner Gedanken ist folgender. Wird in eine Pfeiffe geblasen: so wird die in ihr enthaltne Luft der Länge nach zusammen gedrückt. Diese zusammengedrückte Luft breitet sich den Augenblick wieder aus, da das Blasen nachläßt, und wird wieder zusammen gedrückt, und breitet sich abermal aus. Durch diese geschwinde Abwechselung des Zusammendrückens und Ausbreitens gerathen die elastischen Lufttheilchen in zitternde Bewegungen. Die Luftsäule in der Pfeiffe thut eben das, was eine gleich lange und gleich wichtige Saite thut, die durch ein Gewichte gedehnt wird, welches dem Drucke gleich ist, womit die äußere Luft gegen die inwendige wirkt. Wie die Elasticität einer Saite

q) §. 31 sqq.

Saite zunimmt, wenn sie von einem angehenkten Gewichte gedehnet wird: so wird auch die Elasticität der Luftsäule in der Pfeiffe durch einen gleich starken Druck der auswendigen Luft vermehret. So vielmal demnach eine Saite oscilliret, wenn sie geschlagen oder gerissen wird, und an Länge und Schwere der Luftsäule in der Pfeiffe gleich ist, und von einem Gewichte so stark gedehnet wird, als die auswendige Luft gegen die Luftsäule in der Pfeiffe drückt, so vielmal zittert auch diese Luftsäule. Der Druck der äußern Luft gegen die Luftsäule in der Pfeiffe, ist dem Gewichte einer Quecksilbersäule gleich, deren Grundfläche so groß ist, als die Grundfläche der Luftsäule in der Pfeiffe, und deren Höhe zur Zeit, da man die Untersuchung anstellt, der Höhe im Barometer gleich ist (§.32). Die Schwere der Luftsäule in der Pfeiffe findet man, wenn man die Anzahl ihrer Cubiczolle durch das Gewichte, was ein Cubiczoll hat, multipliciret. Will man demnach erforschen, wie vielmal eine Luftsäule in einer Pfeiffe, die geblasen wird, in einer Secunde oscillire: so nimmt man an ihrer statt eine Saite, die mit ihr einerley Länge und Schwere hat, und von einem Gewichte gedehnet wird, welches so groß ist, als das Gewicht einer Quecksilbersäule, die mit der Luftsäule in der Pfeiffe einerley Grundfläche hat, und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist; und untersuchet, wie vielmal diese Saite

in einer Secunde oscilliren würde. Die Regel dieser Untersuchung hat Herr Professor Euler §. 9. vorgetragen, und hat nach derselben §. 10. gefunden, daß eine Saite, die in der Länge 1510 Tausendtheilchen eines rheinländischen Schuhes hat, und 6$\frac{1}{5}$ Grane wiegt, und von 6 Pfunden oder 46080 Granen gedehnet wird, in einer Secunde 392mal oscillire oder vibrire.

Die Regel, nach welcher man die Anzahl der Oscillationen findet, die eine Saite in einer Secunde thut, wird in Newtons Principiis im 2ten Buche von le Seur und Jacquier in der 303ten und 304ten Erläuterung, S. 351. erkläret, und bestehet in sechs Stücken. Erstlich wird das Gewichte, wodurch die Saite gedehnet wird, durch ihre Schwere dividiret. Zum andern wird der gefundne Quotient durch 3166 rheinländische Scrupel, die ein in einer Secunde einmal oscillirendes Pendul hat, multipliciret. Zum dritten wird das Product davon durch die Länge der Saite dividiret. Zum vierten wird aus dem entstandnen Quotienten die Quadratwurzel gezogen. Zum fünften wird diese Quadratwurzel durch die Peripherie des Cirkels 355 multipliciret. Zum sechsten wird das Product hiervon durch den Diameter des Cirkels dividiret. Der herauskommende Quotient zeiget die Anzahl der Oscillationen an, welche die Saite in einer Secunde vollbringt.

bringt. Ist also das an der Saite hängende Gewichte 46080 Gran, und die Schwere der Saite $6\frac{1}{5}$ Gran, und man dividiret die erstere Zahl durch die andere: so ist der Quotient 7432. Wird dieser Quotient durch 3166 multipliciret: so ist das Product $= 3166 \times 7432$. Hat die Länge der Saite 1510 Scrupel, und wird das vorige Product hierdurch dividiret: so ist der Quotient $= \frac{3166 \times 7432}{1510}$. Die Quadratwurzel hiervon ist $= \sqrt{\frac{3166 \times 7432}{1510}}$. Wird diese Quadratwurzel durch 355 multipliciret, und das Product durch 113 dividiret: so ist der Quotient $= \frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166 \times 7432}{1510}} = 392$.

Da nun der Luftcylinder in der Pfeiffe als eine Saite; die Länge des Luftcylinders als die Länge der Saite; die Schwere des Luftcylinders als die Schwere der Saite; und die Kraft, womit der Luftcylinder in der Pfeiffe von einer Luftsäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Cylinders gleich ist, gedrückt wird, und folglich der Druck einer Quecksilbersäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Luftcylinders in der Pfeiffe und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist, als das an der Saite hängende Gewichte angesehen werden kann: so läßt sich die Anzahl der Oscillationen, die in einem Pfeiffentone eine Secunde hie-

durch

durch gemacht werden, auf folgende Art berechnen. Erstlich dividiret man das Gewichte einer Queckfilbersäule, deren Grundfläche der Grundfläche des Luftcylinders in der Pfeiffe, und deren Höhe der Barometerhöhe gleich ist, durch die Schwere des Luftcylinders. Zum andern multipliciret man den gefundnen Quotienten durch 3166 rheinländische Scrupel, die ein Pendul hat, welches in einer Secunde einmal oscilliret. Zum dritten multipliciret man das Product davon durch die Länge des Luftcylinders in der Pfeiffe. Zum vierten ziehet man aus dem entstandnen Quotienten die Quadratwurzel. Zum fünften diese Quadratwurzel multipliciret man durch die Peripherie des Cirkels 355. Zum sechsten dividiret man das Product hiervon durch den Diameter des Cirkels 113. In dem herauskommenden Quotienten siehet man also die Anzahl der Oscillationen der Luft, die in einem Pfeiffentone eine Secunde hindurch gemacht werden.

§. 90.

Wenn und wie die Lufttheile den Schall reflectiren.

Soll ein Schall, welchen die Luft durch die Linie AB aus dem Orte A in den Ort B gebracht hat, von dem Orte B zurück gehen, und von dar durch die Luft fortgepflanzet, oder reflectiret werden: so muß in dem Orte B eine

feste Materie seyn, die nicht nachgiebt, und das zitternde Lufttheilchen, welches in dieser Linie an dem Orte B ist, durch die Gegenwirkung einer Sache in B so stark zusammen gedrückt werden, daß es sich durch eine elastische Kraft entweder gegen den Ort A, oder gegen einen andern C ausbreitet, und ein angrenzendes Lufttheilchen zusammen drückt (Tab. V. Fig 6). Wird das zitternde Lufttheilchen, welches in der Linie AB zuletzt an den Ort B schlägt, an demselben durch keine Gegenwirkung zusammen gedrückt: so kann es auch den Schall, welchen es in B gebracht hat, nicht wieder empfangen, und ihn von dem Orte B entweder durch den Weg AB gegen A, wo er seinen Ursprung genommen hat, oder durch den Weg BC gegen C wegführen. Denn die Erweckung und Fortpflanzung des Schalles in der Luft ist anders nicht möglich, als daß die Lufttheilchen durch ihre Zusammendrückung und Ausdehnung in ein Zittern gerathen (§. 76 und 77).

§. 91.

Die gerade und schiefe Reflexion des Schalles durch die Luft.

Der Ort B, aus welchem ein angekommner Schall reflectiret wird, liegt in einer gewissen Fläche (Tab. V. Fig. 7). Machet die Schalllinie AB, in welcher der Schall aus dem Orte A in den Ort B gehet, mit der Fläche DBE einen rechten

ten Winkel: so wird der Schall aus B in der senkrechten Linie BA gegen A reflectiret. Denn nach dieser Linie wirkt das an B liegende Lufttheilchen in seiner Zitterung, womit es den Schall weiter fortzupflanzen sucht, in den Ort B. Dergestalt wirkt die Materie in B gegen dieses Lufttheilchen nach der senkrechten Linie BA zurück. Denn die Gegenwirkung erfolgt allemal nach der Linie, wornach die Wirkung geschiehet. Weil die Materie im Orte B nicht weicht: so muß sich das zusammengedrückte Lufttheilchen durch seine elastische Kraft auf der senkrechten Linie BA, auf welcher nachgebende Lufttheilchen liegen, gegen A ausbreiten, und den Schall dahin reflectiren. Diese Reflexion des Schalles heißet die **gerade**. Gehet aber der Schall aus F nach der Linie FB, welche mit der Fläche DBE einen schiefen Winkel FBD machet; und die Fläche BE ist glatt, oder hat keine hervorragende Theilchen, welche der Bewegung des Schalles hinderlich sind: so wird der Schall aus B gegen C nach der Linie BC, die gleichfalls mit der Fläche DBE einen schiefen Winkel CBE machet, welcher dem Einfallswinkel FBD gleich ist, reflectiret. Und diese Reflexion des Schalles heißt die **schiefe**. Denn die Kraft, wodurch der Schall aus F gegen B fortgepflanzet wird, wirkt nach zween Gegenden, nach FD und FA. Denn der Schall kann nach der Linie FB nicht anders in B kommen, als indem er sich sowohl der Linie

nie DB, als auch der Linie AB nähert. Die Kraft, womit er durch die schiefe Linie FB in B gebracht wird, bestehet also aus zween Theilen, davon der eine nach der senkrechten Linie FD, oder nach der ihr parallelen Linie AB, und der andere nach der Linie FA oder AC, die mit der Linie DB und BE parallel läuft, seine Wirkung thut. Mit dem Theile der Kraft, wodurch der Schall durch die senkrechte Linie AB gebracht wird, wirkt das zitternde Lufttheilchen bey B in B, und die Materie in B wirkt nach eben dieser Linie BA zurück. Weil die Linie AC der Linie BE parallel ist: so thut der Theil der Kraft, dessen Richtung nach AC oder BE gehet, in den Ort B keine Wirkung, und sucht also den Schall nach der Linie BE weiter zu bringen. Solchergestalt wirkt das durch die Gegenwirkung der Materie B zusammengedrückte Lufttheilchen mit einer Kraft, die aus zween Theilen bestehet. Der eine Theil wirkt nach der senkrechten Linie BA, und der andere nach BE. Dergestalt gehet der Schall nach dem Gesetze von der zusammengesetzten Bewegung r) nach der Diagonallinie BC gegen C. So

r) Die Kräfte, welche nach den Linien BA und BE wirken, die einen Winkel ABE einschließen, heißen conspirirende Kräfte (Tab. V. Fig. 7): und die Bewegung, welche aus diesen Kräften erfolget, heißt eine zusammengesetzte Bewegung von conspirirenden Kräften. Ver-

So stark nun das zitternde Lufttheilchen gegen B wirkt, so stark wirkt die Materie in B in das Lufttheilchen zurück. Dieses Lufttheilchen suchet sich also durch seine Elasticität so stark gegen A auszubreiten, als es sich zuvor gegen B auszubreiten suchte. Den Theil der Kraft nach der Linie BE hat es noch wie vorhin. Dergestalt muß es sich, im ersten Augenblicke nach der Gegenwirkung, nach der Diagonallinie BC auszubreiten und den Schall gegen C auf diese Linie zu reflectiren suchen, die von der Linie BA so weit absteher, als die Linie FB, nach welcher der Schall gekommen ist. Also ist der Reflexionswinkel CBE im reflectirten Schalle dem Einfallswinkel FBD im angekommenen Schalle gleich.

§. 92.

Wie die zerstreuten Schalllinien durch die Reflexion wiederum zusammen gebracht werden.

Wenn die Schalllinien, die von dem Orte ihres Ursprungs an immer weiter aus einander laufen, ie weiter sie von demselben fortgehen (§. 79. und 82), durch die Reflexion wieder zusammen gebracht werden sollen: so muß die

Verhalten sich die Geschwindigkeiten derselben gegen einander, wie ihre Richtungslinien BA und BE: so geschiehet die Bewegung durch die Diagonallinie BC.

reflectirende Fläche, an welcher die Schalllinien stoßen, eine gewisse Höhlung haben. Hat sie eine andere Gestalt: so werden die Schalllinien in der Reflexion zerstreuet. (Tab. V. Fig. 8). Denn ist die reflectirende Fläche CBD platt und eben: so gehet der einzige Schall, welcher in der senkrechten Linie AB in den Punct B gebracht worden ist, aus demselben in dieser Linie gegen A zurück. Hingegen der Schall, welchen die Luftlinien AM und AN an M und N bringen, wird aus M und N nach den Linien MO und NP reflectiret, die mit der Fläche CBD schiefe Winkel machen, und sich von der senkrechten Linie immer weiter entfernen, ie weiter sie von der Fläche fortlaufen. (Tab. V. Fig. 9). Ist die reflectirende Fläche HBK erhaben rund: so wird der Schall in den Linien AM und AN, die sich in ihrem Lauffe aus dem Puncte A gegen die Puncte M und N von der senkrechten Linie nach und nach immer weiter entfernen, aus den Puncten M und N dergestalt reflectiret, daß die Linien MP und NO sich noch weiter von der senkrechten Linie AB entfernen, als AM und AN. Alles dieses geschiehet daher, weil die Schalllinien AM und AN sowohl auf die platte, als auch auf die erhaben runde Fläche unter schiefen Winkeln auffallen, und unter gleich großen Winkeln seitwärts reflectiret werden (S. 279) Aber nach eben diesem Gesetze der Reflexion werden die Schalllinien, die in ihrem Laufe gegen eine

hole

hole Fläche sich von der senkrechten Linie entfernen, von dieser Fläche dergestalt reflectiret, daß sie in ihrem Rücklaufe der senkrechten Linie immer näher kommen, und sich endlich mit ihr vereinigen (Tab. V. Fig. 11). Die hole Fläche mag aus zwo platten Flächen AC und BC bestehen, die sich gegen einander neigen. Fällt die Schalllinie EF auf die Fläche AC, und macht mit ihr bey F einen schiefen Winkel EFA: so wird sie unter einem gleich großen Winkel CFO durch die Linie FO an O gebracht, und aus O in den Punct ihres Ursprungs E reflectiret. Gleichergestalt gehet die Schalllinie EO aus O in F, und aus F in E. (Tab. V. Fig. 10). Ist die hole Fläche cirkelförmig, und man kann den Punct A, aus welchem die Linien des Schalles AE, AD, AC, AB, AF, AG gegen sie laufen, als ihren Mittelpunct ansehen: so sind diese Schalllinien nach der Natur des Cirkels als senkrechte Linien zu betrachten. Dergestalt gehet der reflectirte Schall aus G nach GA, aus F nach FA, aus B nach BA, aus C nach CA, aus D nach DA, und aus E nach EA in den Punct A zurück.

Wird in dem Brennpuncte eines elliptischen Gewölbes ein Schall erregt: so werden die Schalllinien, die aus dem Brennpuncte an die Fläche fallen, von derselben in den andern Brennpunct geworfen. Dieser Satz läßt sich auf eben die Art beweisen, wie Wolf in der

lateinischen Catoptric §. 310 zeiget, daß ein Lichtstrahl, welcher aus dem Brennpuncte eines elliptischen Spiegels an die Fläche des Spiegels fällt, von ihr in den andern Brennpunct reflectiret wird. Denn die Schalllinien werden von den Flächen auf eben die Art zurück geworfen, wie die Lichtstrahlen (S. 279).

Wenn zwo parabolische Flächen einander gegen über stehen, und ihre Axen eine einzige gerade Linie ausmachen; und es wird in dem Brennpuncte der einen Fläche ein Schall erregt: so fallen die Schalllinien aus dem Brennpuncte an die Fläche, und werden von derselben dergestalt reflectiret, daß sie mit der Axe parallel lauffen, und ihren Lauf gegen die andere parabolische Fläche fortsetzen. Von derselben aber werden sie in ihren Brennpunct zusammen gebracht. Hält man also das Ohr in diesen Brennpunct: so höret man den Schall, welcher in dem Brennpuncte der ersten Fläche gemacht wird. Ein Exempel geben die parabolischen Brennspiegel, welche der Mechanicus und Hoftischler in Dresden, **Peter Höse**, verfertiget hat, von deren Beschaffenheit und Wirkung im Jahre 1756 eine kurze Nachricht heraus gekommen ist. Wenn iemand in dem Brennpuncte eines solchen Spiegels ganz leise redet: so kann eine Person, welche das Ohr in den Brennpunct des andern hält, diese schwache Stimme deutlich vernehmen. Liegt

in

in dem Brennpuncte des einen Spiegels eine pickende Sackuhr: so kann man dieselbe in dem Brennpuncte des andern durch eine Weite von 50 Schritten hören, da Personen in der Mitte dieser Weite nichts davon vernehmen.

§. 93.

Die Wirkung der elastischen Kraft der Luft in dem Echo und Wiederschalle.

Der reflectirte oder zurückkommende Schall wird ein **Echo** oder **Wiederschall** und **Wiederhall** genennet, wenn er vernommen wird, nachdem die Empfindung des ursprünglichen aufgehöret hat. Wenn aber der Wiederschall vernommen, und von dem ursprünglichen unterschieden werden soll: so muß die reflectirende Fläche eine gewisse Hölung haben, und von der hörenden Person so weit entfernt seyn, daß zwischen dem fortlaufenden und wiederkommenden Schalle eine Zeit vorbey gehen kann, die zwischen zween Tönen nöthig ist, wenn das Ohr den einen von dem andern unterscheiden soll (Tab. V. Fig. 8 und 9). Das erstere wird deswegen erfodert, weil der ursprüngliche Schall in seinem Laufe gegen die reflectirende Fläche theils dadurch geschwächet wird, daß iegliches zitternde Lufttheilchen bey dem angrenzenden, gegen welches es sich auszubreiten suchet, einen Widerstand findet: und theils dadurch, daß die aus dem Puncte A

auslaufenden divergenten Linien weder von einer platten Fläche CBN noch von einer erhaben runden HBK in den Punct A zurück kommen. So gar der Schall, welcher nach der senkrechten Linie AB fortgehet, wird durch die Gegenwirkung und die elastische Kraft, womit das zusammengedrückte Lufttheilchen bemühet ist, sich nach verschiednen Gegenden auszubreiten, auf der platten Fläche nach BE und BF, und auf der erhabnen runden nach BE und BF zertheilet und zerstreuet. Das zweyte Stück bey einem zu vernehmenden Wiederschalle ist die Entfernung des Ohres von dem Orte, aus welchem es ihn empfangen soll. Diese muß so groß seyn, daß der Wiederschall erst in der Zeit in das Ohr kömmt, da er von dem ursprünglichen unterschieden werden kann. Nun läßt sich ein Schall von dem andern deutlich unterscheiden, wenn vom Anfange des einen bis zum Anfange des andern eine Secunde verstreicht. Der Wiederschall läßt sich also an dem Orte des ursprünglichen vernehmen, und von ihm unterscheiden, wenn die Entfernung des Ohres an diesem Orte von dem wiederschallenden Orte die Hälfte des Raums ist, welchen ein Schall in einer Secunde durchläuft. Denn so kömmt der ursprüngliche Schall in einer halben Secunde an diesen Ort, und in einer halben Secunde darauf kömmt der Wiederschall in den Ort seines Ursprungs zurück. Vollendet also der Schall in einer

Secun-

Secunde einen Weg von 1038 pariser Schuhen (S. 242): so läßt sich der Wiederschall vernehmen, wenn das Ohr von dem wiederschallenden Orte 519 pariser Schuhe entfernt ist.

Ein musicalisches Gehöre braucht zur Unterscheidung solcher Töne, deren einer auf den andern folgt, keine Secunde. So kann ein geschickter Violiniste auf der Violine in einer Secunde 9 Töne nach einander hervor bringen und unterscheiden. Er ist also im Stande, ein Echo zu bemerken, wenn er von dem wiederschallenden Orte nur so weit entfernt ist, daß der ursprüngliche Schall blos $\frac{1}{9}$ einer Secunde braucht, wenn er dahin und von dar wieder zurück gehen soll. Die Weite zwischen dem wiederschallenden Orte und dem Orte des ursprünglichen Schalles würde demnach ohngefehr 58 Schuhe ausmachen. Denn $\frac{1}{9}$ von 1038 ist $115\frac{3}{9}$, und die Hälfte davon $57\frac{2}{3}$.

§. 94.

Die Arten des Echo und Wiederschalles.

Bey den Arten des Echo siehet man auf die Menge der Sylben und auf die Wiederholung derselben. Was die Menge der Sylben betrifft: so wird das Echo in das einsylbige und vielsylbige eingetheilet. Das einsylbige bringt von einem Worte nur die letzte Sylbe: aber

das

das vielsylbige bringet von einem Worte etliche Sylben zurück. In Betrachtung der Wiederholung der Sylben hat man das einstimmige und vielstimmige zu merken. In dem vielstimmigen wird eine Sylbe etliche mal zurück gebracht: in dem einstimmigen aber nur einmal. In der Erklärung, wie diese Arten des Echo entstehen, will ich zum Raume zwischen dem wiederschallenden Orte und dem Orte des ursprünglichen Schalles 519 pariser Schuhe, und zur Zeit, welche vom Anfange des ursprünglichen Schalles bis zur Zurückkunft desselben an den Ort des Ursprungs verstreichet, eine Secunde nehmen.

Das ein- und vielsylbige Echo.

Ist eine Person von einem wiederschallenden Orte so weit entfernt, daß die Weite den Raum von 519 Schuhen etliche mal in sich faßt; und spricht die Sylben eines Wortes mit der Langsamkeit aus, daß zwischen zwo Sylben allemal eine halbe Secunde vorbey gehet: so kommen von dem wiederschallenden Orte etliche Sylben nach einander zurück, welche die Person von einander unterscheiden kann. Bestehet z. E. die Weite zwischen dem Orte des ursprünglichen Schalles und dem wiederschallenden Orte aus dreymal 519 Schuhen, und die redende Person spricht das Wort Eitelkeit aus, und beobachtet im Aussprechen die gedachte Zeit: so bringt das Echo alle drey

Syl-

Sylben zurück, daß sie sich deutlich vernehmen lassen. Die erste Sylbe kömmt nach drey Secunden, die zweyte nach vier, und die dritte nach fünf Secunden zurück. Solchergestalt wird der Schall keiner zurückkommenden weder mit ihrem ursprünglichen Schalle, noch mit dem Schalle einer zurückkehrenden vermenget.

Werden aber die Sylben eines Worts so geschwind nach einander ausgesprochen, daß die Zeit zwischen zween Sylben kürzer ist, als eine halbe Secunde: so läßt sich durch das Echo nur die letzte Sylbe des geendigten Wortes vernehmen. Die vorhergehenden kommen zwar zurück, werden aber wegen Kürze der Zwischenzeit im Ohre mit einander vermenget.

Die Weite, welche zu einem ein- und vielsylbigen Echo erfordert wird, kann sowohl gerade vor sich hingehen, als auch in eine Rundung laufen (Tab. VI. Fig. 12), die aus den Linien AB, BC, CD, DE, EF und FG zusammen gesetzt ist, da eine mit der andern einen Winkel macht. Solchergestalt gehet eine in A ausgesprochne Sylbe gerade nach B, aus B wird sie in D, aus C in D, aus D in E, aus E in F und aus F in G reflectiret.

Das vielstimmige Echo.

Sind verschiedne Oerter B, C, D durch verschiedne Weiten, davon iegliche 519 pariser

Schuhe

Schuhe hat, von A dem Orte einer redenden Person entfernt, und es ist ein Ort über den andern, als C über B, und D über C erhaben: so kömmt eine Sylbe so vielmal zurück, als dergleichen Oerter sind, an welche der Schall der Sylbe anschlägt (Tab. VI. Fig. 1). Denn der Schall vertheilt sich aus dem Orte A nach den divergenten Linien AB, AC, AD, davon AB den Schall an B, AC an C, und AD an D bringet. Ist nun die Weite AC doppelt so groß als AB, und AD dreymal so groß; und der Schall in der Linie AB bringt eine halbe Secunde zu: so läuft der Schall durch AC zwo halbe Secunden, ehe er in C kömmt, und der Schall durch AD vollendet seinen Lauf bis in D erst in drey halben Secunden. Solchergestalt kömmt die Sylbe aus B in zwo halben Secunden in A zurück, und der Schall eben dieser Sylbe vollbringet seinen Rücklauf aus C in vier halben Secunden, und der dritte Schall eben dieser Sylbe in D kömmt in sechs Secunden wieder in den Ort seines Ursprunges. Anf diese Weise wird einerley Sylbe durch das Echo in drey unterschiednen Zeiten in A gehöret.

Auch kann ein vielstimmiges Echo entstehen, wenn der ursprüngliche Schall zwischen zwo parallelstehenden Wänden erregt wird, und von der andern, an welche er zuerst anschlägt, an die erstere reflectiret, und von der erstern

an

an die andere wiederum zurück gebracht, und diese Reflexion so lange wiederholet wird, bis der Schall endlich seine Kraft verliehret. Ein dergleichen Echo hat man vor Zeiten in dem Lusthause Simonetta, welches eine Meile von Meyland entfernt ist, in dem obern Stockwerke an einem großen offnen Fenster wahrgenommen. An diesem Fenster hat eine Person, welche dadurch geredet, ihre Stimme 24 bis 30 mal vernehmen können. Kircher beschreibt und erkläret dieses Echo in seiner Phonurgia, im 1 Buch, in der 4ten Abtheilung, im 2ten Capitel.

Ein Echo kann vielstimmig werden, wenn der ursprüngliche Schall sich am Orte seines Ursprungs in divergente Linien vertheilet, und dadurch an Oerter kömmt, die ihn theils unmittelbar gegen den Ort des Ursprunges zurück bringen, theils gegen andere Oerter reflectiren, aus welchen er durch eine neue Reflexion in den Ort gebracht wird. Dergleichen Echo findet man hier in Leipzig in der Vorstadt zwischen dem Randstäter Thore und der Baarfüßer Mühle auf der Höhe des Weges am Stadtgraben, der neuen Kirche gegen über, wenn man gegen den Raum BCD zwischen der Kirche D und den Häusern B ruffet. (Tab. VI. Fig. 2). Die Stimme kömmt sodann aus drey verschiednen Oertern in den Ort der ruffenden Person A zurück: vorwärts aus C,

seitwärts rechter Hand von einem Gebäude E am bosischen Garten unter der Mühle über der Pleiße, und linker Hand von einem Gebäude F an den so genannten Schlachthöfen.

Das mannigfaltige Echo.

Eine Gegend kann ein vielsylbiges und vielstimmiges Echo zugleich geben, wenn etliche Oerter dergestalt von einander abgesondert sind, daß sie einerley Stimme in verschiednen Zeiten zurück werfen, und der nächste Ort von dem Orte des ursprünglichen Schalles so weit abstehet, daß der Zwischenraum etliche mal 519 pariser Schuhe in sich faßt. Denn auf diese Weise vergehet von dem Augenblicke, da die erste Sylbe eines Worts an diesen reflectirenden Ort anschlägt, eine halbe Secunde, bis die nachfolgende Sylbe an denselben stößt. Dergestalt werden diese Sylben in merklich unterschiedenen Zeiten in das Ohr zurück gebracht. Wird das Echo in der kleinsten Weite vielsylbig: so kann dem Echo in der größern Weite diese Eigenschaft nicht mangeln. Dergestalt bringt das Echo durch iegliche Weite etliche und einerley Sylben etliche mal an den Ort, wo das Wort zuerst ist ausgesprochen worden. (Tab. VI. Fig. 3). Dieser Ort mag A seyn, und drey Oerter D, G und K vor sich haben, in welche der Schall aus A nach drey divergenten Linien AB, AG und AK kommen kann. Die Weite von A bis D mag aus dreyen Räumen,

men AB, BC und CD bestehen, davon iegli-cher 519 Schuhe hat. Also kann das Echo dreysylbig werden. Die folgende Weite AG mag doppelt so groß seyn, und aus den Räumen AE, EF und FG bestehen, davon ieglicher so groß ist, als der Raum AB in der Weite AD. Solchergestalt kommen aus G eben die drey Sylben zurück, die aus D in A gekommen sind, nachdem die Empfindung derselben bereits aufgehöret hat. Die dritte Weite AK mag dreymal so groß seyn, als AD, und wiederum drey Räume AH, HI und IK in sich fassen, davon ieglicher dreymal so groß ist, als der Rauw AB in der Weite AD. Aus dem Orte K werden demnach die vorigen drey Sylben in merklich unterschiednen Zeiten in A zurück gebracht, und rühren das Ohr, nachdem der Schall der vorigen bereits aufgehöret hat. Dieses mannigfaltige Echo ist also zugleich dreysylbig und dreystimmig.

Das Echo in der Stadt Cyzicus in Mysien ist unter die Wunder gerechnet worden. An dem thracischen Thore haben sieben Thürme rufenden und redenden Personen ihre Wörter vielfältig mal wiedergegeben. Plinius s) hält dieses Echo für etwas zufälliges, darauf man bey Erbauung der Thürme eben nicht möge gedacht haben. Hingegen schreibt er, in der Stadt

s) In Historia Mundi, lib. 36. c. 15.

Olympia habe man den daselbst befindlichen porticus mit Fleiß so künstlich gebauet, daß er einerley Stimme sieben mal wiedergebe, und heiße deswegen der siebenstimmige. Johann Christoph Sturm erzählt in seiner Physica Electiua t) ein eben so merkwürdiges Exempel, welches er im Jahre 1691 bey Altorf beobachtet hat. Er nennt es das altorfische Echo. Auf der Mitternachtseite, der Sternwarte gegen über, ist dieses Echo vielsylbig. Ohngefehr 150 Schritte weit von der Mauer bringt es drey Sylben, z. E. das Wort omnia, deutlich zurück. In einer weit kleinern Entfernung aber höret man nur zwo Sylben, und in einigen Schritten von der Mauer kann man nicht eine zurückkommende Sylbe von der ursprünglichen Stimme unterscheiden. Ist man aber in die 300 Schritte von der Mauer entfernet: so kommen sechs oder sieben Sylben zurück, z. E. die Worte Echo responde mihi. In einer Weite von 430 Schritten höret man die vier ganzen Worte echo responde mihi cito; und in einer Weite von 480 Schritten eilf Sylben echo responde mihi citissime. Jedoch muß man in den beyden letztern Weiten durch das Sprachrohr reden, wenn man das Echo vernehmen will. Auf der Nordwestseite in der Gegend einer Wiese, welche man die Cappelwiese nennet, läßt sich an dem Winkel des ansto-

t) In Tomo I. pag. 664. et 665. Phaenom. XX.

anstoßenden Ackers ein vielstimmiges Echo hören, absonderlich, wenn man durch das Sprachrohr redet. Die Stimme kömmt viermal in merklich unterschiednen Zeiten zurück: anfänglich von einem zunächst stehenden welschen Nußbaume, zum andern von der Mauer nach der Nordwestseite, zum dritten von dem vornehmsten Stadtthurme, und zum vierten von einem Stadtvorwerke südwestwärts. Auf der andern Seite der Stadt gegen Süden, dem Schlosse gegen über, läßt sich ein fünf- und sechsfaches Echo vernehmen, absonderlich wenn man durch ein Sprachrohr redet. Das später kommende Echo ist allemal schwächer als das eher kommende. Aber das letzte ist stärker als alle vorhergehenden. Morgenwärts dem Collegio gegen über ist das Echo ebenfalls vielfach, vornemlich aber dem Walde gegen über, bey der Ziegelscheune und dem Pfaffenthale ist es mehr als zehnfach. Im erstern Orte folgt mit einer großen Geschwindigkeit immer eine Stimme auf die andere. Ruft iemand echo: so ist die Antwort echo, cho, cho, cho, und so weiter. In dem letztern Orte entstehet ein besonders angenehmes und starkes Echo, wenn man in eine Trompete bläst, die an ein Sprachrohr angebracht ist. Das merkwürdigste Echo hat wohl Boissardus bey dem Grabe der Meteller, ohnweit Rom, beobachtet, da er den virgilianischen Vers, Arma virumque cano Troiae qui pri-

mus ab oris, achtmal vernemlich, und sodann noch etliche mal, aber unvernemlich wiederschallen hören u). Kircher schreibt x), er habe hundert Jahr darnach dieses Echo bey dem gedachten Begräbnisse, welches ietzo Capo de bovi heiße, mit Fleiß gesucht, aber nicht finden können, da er doch bey seinem Nachfragen vernommen habe, daß binnen den hundert Jahren an diesem Gebäude nichts abgebrochen oder verändert worden sey.

Das neunte Hauptstück.

Von der Geschwindigkeit, womit die Luft durch ihre Elasticität in einen luftleeren Raum dringt.

§. 95.

Die Bewegung der Luft durch die Elasticität ist wie die Bewegung durch ihre Schwere.

In einer Luftsäule ist die Elasticität der untern Luft so stark, als das Gewichte, womit die untere Luft von der obern gedrückt wird (§. 31). In der Untersuchung, wie weit sich

u) In Topographia recentioris Romae. *Gassendus* in Animaduersionibus ad Libr. X. *Diogenis Laërtii.*

x) In Phonurgia Lib. I. Sect. I. c. 1.

sich die Luft in einer Secunde bewegen würde, wenn sie durch ihre Elasticität in einen luftleeren Raum dringen sollte, hat man also auf den Raum zu sehen, welchen sie in einer Secunde durchlaufen würde, wenn sie sich durch die Kraft ihres Gewichtes ohne Widerstand bewegte.

§. 96.

Die Größe dieses Gewichts.

Das Gewichte, womit die untere Luft in einer Luftsäule von der obern gedrückt wird, schätzet Herr Professor Euler y) so groß, als das Gewichte einer Luftsäule, die 29100 rheinländische Schuhe hoch, und durch und durch so dichte sey, als die untere Luft bey uns. Denn das Gewichte einer ganzen Luftsäule von dem Ufer des Meeres an bis an die Grenzen der Luft im Himmelsraume ist so groß, als das Gewichte einer Quecksilbersäule, die mit ihr einerley Grundfläche hat, und 28 pariser Zoll bis 4 Linien hoch ist (§. 32. und 33). Für diese Quecksilbersäule nimmt Herr Professor Euler eine Wassersäule, die mit der Quecksilbersäule einerley Grundfläche hat, und 32 rheinländische Schuhe hoch ist z). Und für

y) In des Robins neuen Grundsätzen der Artillerie, S. 307. und 471.

z) Im angeführten Buche, S. 129.

diese Wassersäule setzt er eine Luftsäule, in welcher alle Theile so dicht sind, als an der Erdfläche, und giebt ihr eine Höhe von 29100 rheinländischen Schuhen. Denn ie leichter die Luft ist als Wasser, desto höher muß die Luftsäule seyn, wenn ihre Grundfläche und ihr Gewichte der Grundfläche und dem Gewichte der Wassersäule gleich seyn sollen. Herr Professor **Euler** nimmt die Schwere der Luft 864 mal größer an, als die Schwere des Wassers. Soll aber die Höhe 29100 herauskommen: so muß man der Höhe der Wassersäule 33 Schuhe geben. Oder soll die Höhe der Wassersäule nur 32 Schuhe haben: so muß man die Schwere des Wassers in Vergleichung mit der Schwere der Luft größer ansetzen.

§. 97.

Wie die Kraft dieses Gewichts in Absicht auf die Bewegung zu betrachten sey.

Wenn ein Körper durch eine Höhe, in welcher er keinen Widerstand leidet, von A bis B fällt (Tab. VI. Fig. 4): so erhält er am Ende in B eine Kraft, daß er in einer Zeit, die der Zeit des Falles gleich ist, mit einer gleichförmigen Bewegung durch einen Raum laufen kann, welcher doppelt so groß ist, als die Höhe AB. Diese Kraft bekömmt er durch die Kraft der Schwere, die durch die Räumchen

ab, bc, cd, de, fg, gh, hi vertheilet ist, und ihn in allen diesen Räumchen treibt. Wenn dieser Körper am Ende der Höhe in B wäre, und gleich große und gleich artige Körper über sich bis an A hätte, daß immer der obere den untern drückte: so würden vermittelst dieser Körper eben die vorigen Theile der Schwere in ihn wirken. Bestehet also eine Luftsäule, welche 29100 rheinländische Schuhe hoch ist, durch und durch aus gleich dichten Theilen: so ist die Kraft, welche der unterste Theil der Luft durch den Druck der obern erhält, der Kraft gleich, die er erhalten würde, wenn er von dem obersten Orte der Säule bis an den untersten fiele. Bekömmt demnach der unterste Theil der Luft eine gleichförmige Bewegung, da seine Geschwindigkeit weder ab- noch zunimmt: so wird er in einer Zeit, welche der Zeit gleich ist, die er zugebracht haben würde, wenn er durch die Höhe gefallen wäre, einen Raum, welcher doppelt so groß ist, als die Höhe der Säule, und folglich einen Raum von 58200 Schuhen vollenden.

§ 98.

Der Raum, welchen die Luft durch ihre Elasticität in einer Secunde durchlaufen kann.

Wenn demnach die Luft über der Erdfläche bey uns in einen luftleeren Raum dringet: so bewegt sie sich mit einer so großen Geschwin-

digkeit, daß sie in einer Secunde einen Weg von 1348 rheinländischen Schuhen zurück legen kann. Denn ihre Elasticität ist so groß, als das Gewichte einer Luftsäule, welche 29100 rheinländische Schuhe hoch, und durch und durch so dicht ist, als die Luft an der Erdfläche (§. 95 und 96). Dergestalt kann die Luft durch ihre Elasticität, womit sie in einen leeren Raum eindringet, in einer Zeit, welche der Zeit gleich ist, in welcher sie durch eine Höhe von 29100 rheinländischen Schuhen fallen würde, einen Weg von 58200 Schuhen vollenden (§. 97). Im Falle durch die Höhe würde sie etwas über 43 Secunden zubringen. Denn wenn ein hängender Körper bey uns zu fallen anfängt: so fällt er in einem Raume, in welchem er keinen Widerstand antrifft, in der ersten Secunde 15 rheinländische Schuhe, 1 Zoll und $1\frac{7}{9}$ Linie, oder 15625 Scrupel a). Es verhalten sich aber die Zeiten in verschiednen Höhen, wodurch ein Körper fällt, wie die Wurzeln der Höhen. Wenn wir demnach die Zahl 58200 durch 43 dividire: so zeigt der Quotient, daß die Luft in einer Secunde einen Weg von 1348 Schuhen durchläuft, wenn sie durch ihre Elasticität in einen luftleeren Raum dringt.

Das

a) In *Euleri* Mechanica, P. I. §. 223.

Das zehnte Hauptstück.

Von dem Widerstande der Luft in Betrachtung ihrer Elasticität gegen bewegte Körper.

§. 99.

Der Widerstand der Luft gegen bewegte Körper ist nicht nach der bloßen Trägheit zu schätzen.

In sofern man die Luft als ein flüßiges Wesen ohne Elasticität betrachtet, so hat man bey ihrem Widerstande gegen einen bewegten Körper blos auf die Kraft ihrer Trägheit zu sehen, womit sich ihre Theile bemühen, in ihrem Zustande zu bleiben. Die Größe dieses Widerstandes, welchen die Luft durch diese Kraft gegen einen festen Körper thut, wenn er durch sie bewegt wird, bestehet in der Größe ihrer aus der Kraft der Trägheit entstehenden Gegenwirkung, und deren Vervielfältigung durch die Menge der widerstehenden Theile (§. 12). Je größer nun die Geschwindigkeit ist, womit sich ein Körper durch die Luft bewegt, desto stärker wirkt ihm die Luft durch ihre Kraft der Trägheit entgegen, und desto

mehr

mehr wird diese Gegenwirkung durch die fortgetriebne Menge der Lufttheile vervielfältiget (§. 13). Wenn demnach die Luft keine Elasticität hätte, und man wollte ihren Widerstand gegen zwo gleich große Kugeln A und B, davon eine langsamer, und die andere geschwinder durch die Luft bewegt würde, schätzen, und den Widerstand gegen die eine mit dem Widerstande gegen die andere vergleichen: so könnte man sagen, es verhielte sich der Widerstand der Luft gegen die Kugel A zum Widerstande der Luft gegen die Kugel B, wie das Quadrat der kleinern Geschwindigkeit der Kugel A zum Quadrate der größern Geschwindigkeit der Kugel B (§. 14). In gleichem Verhältnisse würden also diese Kugeln in ihren Bewegungen verweilet, oder in ihren Geschwindigkeiten geschwächt werden (§. 15). Allein die Luft hat außer der Kraft der Trägheit eine Elasticität. Wird demnach ein fester Körper durch die Luft bewegt: so wird sie zusammen gedrückt. Hierdurch entstehet ein neuer Widerstand gegen den bewegten Körper. Denn die zusammengedrückte Luft ist bemühet, sich gegen den stoßenden Körper wieder auszubreiten. Und diese Bestrebung wird desto stärker, ie stärker sie zusammen gedrückt wird, und folglich ie geschwinder sich der stoßende Körper bewegt. Hieraus erhellet, daß der Widerstand, welchen ein Körper in seiner Bewegung in der Luft antrifft, nicht blos nach den Quadraten

seiner

seiner Geschwindigkeit zu schätzen sey (S. 42). Wenn die Luft in den Raum, welchen ein bewegter Körper hinterwärts verläßt, augenblicklich so stark eindränge, daß der Körper hinterwärts von der Luft so stark gedrückt würde, als vorwärts: so würde der aus der Elasticität der Luft entspringende Druck gegen das Vordertheil des bewegten Körpers aufgehoben. Solchergestalt hätte man den Widerstand, welchen ein bewegter Körper in ihr anträfe, blos nach den Gesetzen von der Kraft der Trägheit zu schätzen. Es kann aber der Druck der Luft, welche in den verlaßnen Raum hinter dem bewegten Körper dringet, in der Zeit, da die Luft vom Körper vorwärts zusammen gedrückt wird, niemals so stark werden, als der Druck dieser zusammengedrückten Luft gegen das Vordertheil des Körpers. Die natürliche Luft durchläuft mit ihrer Geschwindigkeit, womit sie in einen leeren Raum dringet, in einer Secunde 1348 rheinländische Schuhe. Bewegt sich ein fester Körper mit eben dieser Geschwindigkeit durch die Luft: so kann ihm die Luft plötzlich folgen, daß kein Raum hinter ihn ledig gelassen wird. In diesem Falle übet die Luft von hinten auf den Körper gar keinen Druck aus. Nun hat der bewegte Körper erstlich von vorne den Widerstand, welcher aus der Elasticität der durch seine Geschwindigkeit zusammen gedrückten Luft entstehet, und außer dem noch den Gegendruck der Atmo-

sphäre,

sphäre, welcher eben so groß ist, zu überwinden. Herr Professor Euler sagt b) daher: die sämmtliche Resistenz ist demnach zweymal so groß, als der Widerstand allein, welcher aus dem Anstosse des Körpers an die Lufttheilchen entstehet. Er fähret fort; sollte sich aber der Körper mit einer noch größern Geschwindigkeit bewegen: so würde derselbe von hinten nicht nur gleichfalls keinen Druck empfinden, sondern es würde so gar immer hinter demselben ein luftleerer Raum bleiben. In einer Anmerkung zuvor c) spricht er; ist aber auch gleich die Geschwindigkeit des Körpers kleiner, als die Geschwindigkeit der ihm nachfolgenden Luft: so muß der Druck hinter dem Körper dennoch kleiner seyn, als der Druck vor ihm. In diesem Falle wird die Bewegung des Körpers nicht nur von dem eigentlichen Widerstande der Kraft der Trägheit, so von dem Stoße auf die Theilchen der Luft herrühret, sondern auch von dem Drucke der Luft, welchen dieselbe auf das Vordertheil ausübet, vermindert, in sofern derselbe von dem Gegendrucke von hinten nicht im Gleichgewichte gehalten wird.

§. 100.

b) In des Robins Grundsätzen der Artillerie, S. 472.

c) S. 459.

§. 100.

Die Untersuchung des Widerstandes der Luft durch Versuche.

Herr Robins beschreibt in seinen neuen Grundsätzen der Artillerie, im VIII Satze des ersten Capitels, S. 153 eine Maschine, vermittelst welcher er im Stande ist, die Geschwindigkeit einer Kugel in einem ieglichen Puncte des Weges, durch welchen sie gehet, zu bestimmen. In dieser Maschine ist ein eisernes Pendul, welches 56 Pfund 3 Unzen wiegt. Gegen dieses Pendul wird die Kugel, deren Geschwindigkeit man erforschen will, geschossen. Diese Geschwindigkeit läßt sich aus dem Schwunge erkennen, welchen das Pendul durch den Stoß der Kugel empfängt. Mit dieser Maschine hat er verschiedne Versuche angestellet, wodurch er den Widerstand der Luft ausfindig zu machen gesucht hat, welchen ein darinnen bewegter Körper leidet. Diese Versuche erzählt er im zweyten Satze des zweyten Capitels, S. 488. Ich will die Erzählung mit seinen eignen Worten vortragen. Ich nahm, spricht er, einen Mußquetenlauf, welcher eine bleyerne Kugel von $\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter schoß, und lud denselben ohngefehr mit dem halben Gewichte Pulver; wobey ich die Vorsichtigkeit brauchte, daß ich das Pulver immer auf das genaueste abwog, und in allen Stücken also verfuhr, daß ich durch sehr viele

vorher angestellte Proben versichert seyn konnte, daß die Geschwindigkeit der Kugel in allen Schüssen bis auf 20 Schuhe in einer Secunde einerley war. Hierauf schoß ich diesen Lauf zu drey verschiednen malen gegen das Pendul los, welches das erste mal 25 Schuhe, das andere mal 75 Schuhe, und das dritte mal 125 Schuhe weit von der Mündung des Laufs abstand: und befand, daß die Kugel im ersten Falle mit einer Geschwindigkeit von 1670 Schuhen in einer Secunde auf das Pendul gestoßen hatte; in dem zweyten Falle mit einer Geschwindigkeit von 1550 Schuhen, und in dem dritten mit einer Geschwindigkeit von 1425 Schuhen in einer Secunde. Also hatte diese Kugel, indem sie 50 Schuhe weit in einer Secunde fortgegangen war, an ihrer Geschwindigkeit ohngefehr 120 bis 125 Schuhe in einer Secunde verlohren; und die Zeit, in welcher dieselbe durch diesen Raum von 50 Schuhen gefahren ist, war ohngefehr $\frac{1}{32}$ oder $\frac{1}{30}$ einer Secunde. Woraus folget, daß die mittlere Größe des Widerstandes der Luft in diesen Versuchen ohngefehr 120 mal größer gewesen sey, als das Gewichte der Kugel. Und es hat also der Widerstand, da die Kugel beynahe $\frac{1}{12}$ Pfund gewogen hat, ohngefehr 10 Pfund Avoir du poise betragen. Wenn wir nun hierüber die Rechnung nach des Herrn Newtons Methode für zusammengepreßte flüßige Materien, welche in der 38ten Propo-

sition

sition des 2ten Buches ausgeführet ist, anstellen und dabey annehmen, daß die Luft 850 mal leichter ist, als Wasser: so werden wir finden, daß der Widerstand einer Kugel von $\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter, welche sich mit einer Geschwindigkeit von ohngefehr 1600 Schuhen in einer Secunde bewegt, nicht mehr als $4\frac{1}{2}$ Pf. Avoir du poise austrage. Da wir nun wissen, daß diese Regeln, welche in der angeführten Proposition des Herrn Newtons enthalten sind, bey langsamen Bewegungen sehr genau eintreffen: so können wir hieraus sicher schließen, daß die widerstehende Kraft der Luft in langsamen Bewegungen kleiner sey, als in geschwinden, und dieses in dem Verhältnisse von $4\frac{1}{8}$ zu 10, welches Verhältniß zwischen den Verhältnissen 1 zu 2 und 1 zu 3 enthalten ist.

Ich habe ferner den vorigen Lauf wiederum mit gleichen Ladungen von Pulver und gleich schweren Kugeln zu verschiednen malen geladen, und alle mögliche Sorgfalt angewendet, daß alle Schüsse mit gleicher Geschwindigkeit geschehen sind. Auf diese Art habe ich dreymal gegen das Pendul, welches 25 Schuhe von der Mündung des Laufs entfernt war, geschossen, und gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit ohngefehr 1690 Schuhe in einer Secunde betragen hat. Hernach habe ich den Lauf 175 Schuhe weit vom Pendul gesetzt,

und, nachdem ich verschiedne male geschossen hatte, gefunden, daß die mittlere Geschwindigkeit von 5 Schüssen, mit welcher die Kugel auf das Pendul in dieser Entfernung gestoßen ist, in einer Secunde 1300 Schuhe betragen hat. Indem also diese Kugel durch einen Raum von 150 Schuhen fortgegangen war: so hatte dieselbe ohngefehr 390 Schuhe in einer Secunde von ihrer Geschwindigkeit verlohren. In diesen Versuchen war also der Widerstand etwas größer, als in den vorigen, und betrug hier zwischen 10 und 12 Pfund Avoir du poise. Nach den Versuchen kömmt also das Verhältniß der widerstehenden Kraft der Luft für sehr schnelle Bewegungen zu sehr langsamen dem Verhältnisse 3 zu 1 näher, als in den vorigen.

Nachdem ich also auf diese Art den Widerstand der Luft auf eine Geschwindigkeit beynahe von 1700 Schuhen in einer Secunde erkannt hatte, welche groß genug ist, daß hinter der Kugel ein luftleerer Raum gelassen werden kann: so habe ich auch den Widerstand für kleinere Grade der Geschwindigkeit untersuchet. Zu diesem Ende habe ich den vorigen Lauf zwar mit eben so großen Kugeln als vorher, aber mit weniger Pulver, geladen. Und nachdem ich das Pendul 25 Schuhe weit von dem Laufe gesetzet hatte: habe ich fünfmal nach einander mit einerley Ladung gegen dasselbe geschossen,

sen, und die mittlere Geschwindigkeit der Kugel, mit welcher dieselbe auf das Pendul gefahren ist, von 1180 Schuhen in einer Secunde befunden. Alsdenn habe ich das Pendul auf eine Weite von 250 Schuhen von dem Laufe entfernet, und wiederum zu fünf malen nach einander dagegen geschossen. Nachdem ich dazwischen ein Mittel genommen habe: so ist die Geschwindigkeit der Kugel noch 950 Schuhe in einer Secunde gewesen. Indem also die Kugel in der Luft durch einen Weg von 225 Schuhen fortgegangen ist: so hat dieselbe 230 Schuhe in einer Secunde an ihrer Geschwindigkeit verlohren. Da nun dieselbe diesen Weg ohngefehr in $\frac{3}{14}$ einer Secunde zurück gelegt hat: so muß der Widerstand der Luft auf einen mittlern Grad der Geschwindigkeit beynahe $33\frac{1}{2}$ mal größer gewesen seyn, als das Gewichte der Kugel, und folglich 2 Pfund 10 Unzen Avoir du poise betragen haben. Nun aber kömmt, nach den Regeln des Widerstandes für langsame Bewegungen, für diesen Fall nur $\frac{7}{11}$ des gefundnen Gewichts heraus. Die widerstehende Kraft der Luft wird dahero auf eine Geschwindigkeit von 1065 Schuhen in einer Secunde nicht mehr, als nach dem Verhältnisse wie 7 zu 11 vermehret; da wir doch bey den vorigen Versuchen gesehen haben, daß für einen höhern Grad der Geschwindigkeit diese Vermehrung dem Verhältnisse von 1 zu 3 sehr nahe gekommen ist.

Ferner habe ich drey Schüsse von der vorgemeldeten Größe und dem vorigen Gewichte über ein stillstehendes Wasser dergestalt gethan, daß man den Ort, wo die Kugel das Wasser zu berühren anfieng, deutlich bemerken, und sowohl die Zeit als den Weg, welchen die Kugel von dem Laufe an bis an das Wasset durchgelaufen war, bestimmen konnte. Ein ieder Schuß geschahe mit einer Geschwindigkeit von 400 Schuhen in einer Secunde. Und ich war durch viele Versuche von eben dieser Ladung versichert, daß ich mich auf diese Geschwindigkeit bey 10 Schuhen in einer Secunde verlassen konnte. Der erste Schuß reichte 313 Yards weit, ehe die Kugel das Wasser berührte. Und solches geschahe in $4\frac{1}{4}$ Secunde, also daß die Kugel 313 Yards in $4\frac{1}{4}$ Secunden durchgelaufen ist. Die zweyte gieng 319 in 4 Secunden, und die dritte 373 in $5\frac{1}{2}$ Secunden. Nach der für langsame Bewegungen festgesetzten Lehre des Widerstandes hätten für den ersten Schuß nur 3 Secunden und $\frac{2}{10}$, für den zweyten nur 3 Secunden und $\frac{28}{100}$, und für den dritten nur 4 Secunden gehöret. Woraus erhellet, daß in diesen Schüssen, in ieglichem die Bewegung durch den Widerstand der Luft merklich mehr ist gehemmet worden, als solches nach der Theorie hätte geschehen sollen. Folglich ist auch noch bey solchen ziemlich langsamen Bewegungen, als von 400 Schuhen in einer Secunde, die wider-

stehende Kraft der Luft um ein merkliches grö-
ßer, als bey langsamen Bewegungen.

Aus allem diesen nun, was hier angeführet worden ist, erhellet, daß die Lehre von dem Widerstande der Luft, so wie derselbe von dem Herrn Newton für langsame Bewegungen fest gesetzt, und durch mancherley Versuche bestätiget worden ist, ganz und gar von der Wahrheit abweicht, wenn man dieselbe auf sehr schnelle Bewegungen, dergleichen eine Mußquetenkugel hat, ziehen will; dergestalt, daß in diesem Falle die widerstehende Kraft der Luft wohl dreymal größer wird, als dieselbe nach der gedachten Lehre seyn sollte. Gleichwohl aber nimmt diese Vermehrung der widerstehenden Kraft der Luft um so viel mehr ab, ie kleiner die Geschwindigkeit der Kugel wird, bis endlich, wenn diese Geschwindigkeit schon klein genug geworden ist, die Größe des Widerstandes mit der Theorie völlig übereinkömmt. Daher wächst der Widerstand nicht nach den Quadraten der Geschwindigkeit, wie man gemeiniglich anzunehmen pflegt, sondern derselbe weicht von diesem Verhältnisse um so viel mehr ab, ie größer die Geschwindigkeit der Kugel, nebst der Zusammendrückung der Luft von derselben, wird. Wir dürfen also in Erwegung dieser Umstände fest behaupten, daß, da man sich bisher von dem Widerstande der Luft solche unvollkommne und irrige Begriffe

gemacht hat, der Weg, welchen eine Kugel durch die Luft beschreibet, gar nicht mit Gewißheit hat können bestimmt werden; und daß folglich die Kunst der Artillerie in diesem Stücke bisher noch sehr unvollkommen geblieben ist. Inzwischen ist es nicht genug, daß wir hier diese Vermehrung des Widerstandes der Luft in sehr schnellen Bewegungen, welche alles dasjenige, was man bisher davon gemuthmasset, weit übersteiget, dargethan und außer Zweifel gesetzt haben: sondern wenn wir in den Stand gesetzet werden sollen, die Bewegung der geschoßnen Körper in der Luft zu bestimmen; so ist nöthig, daß wir noch über dieses das wahre Verhältniß ergründen, nach welchem der Widerstand für einen ieglichen Grad der Geschwindigkeit bestimmet wird.

Herrn Professor Eulers Urtheil hiervon.

Herr Professor Euler hat über die angeführten Versuche drey Anmerkungen gemacht. In der ersten untersucht er nach der gemeinen Lehre von dem Widerstande der Luft, wie viel eine Kugel, welche sich mit einer gegebnen Geschwindigkeit zu bewegen anfängt, von derselben verliehren müsse, wenn sie durch einen gegebnen Weg fortgehet. Aus denen hierdurch gefundnen Formuln berechnet er die Exempel der schnellen Bewegungen, welche Herr Ro-

bins

bins an den geschoßnen Kugeln wahrgenommen hat. Am Ende der Anmerkung sagt er, wie aus den angestellten Versuchen überhaupt so viel erhelle, daß der wahre Widerstand, welchen eine schnell bewegte Kugel in der Luft leide, viel größer sey, als die gedachte Theorie anzeige, und daß dieselbe um so viel mehr von der Wahrheit abweiche, ie größer die Geschwindigkeit der Kugel sey. In der zweyten Anmerkung hat er in der Absicht, diese Abhandlung von dem Widerstande der Körper in der Luft vollständig zu machen, auch langsamere Bewegungen untersuchet, dergleichen in fallenden Körpern beobachtet werden. Die Größe des Widerstandes in denselben, sagt er, läßt sich bestimmen, wenn man die Zeit bemerkt, in welcher ein gegebner Körper durch eine gegebne Höhe herunter fällt. Denn da man weis, fährt er fort, in wie langer Zeit ein Körper in einem luftleeren Raume durch eine iegliche Höhe kraft seiner Schwere fällt: so wird diese Zeit in der Luft größer. Aus dem Unterscheide läßt sich also die Größe des Widerstandes herleiten. Die Luft aber hat hierbey eine doppelte Wirkung. Denn außer dem Widerstande wird auch das Gewichte des Körpers um so viel vermindert, als eine demselben gleich große Luftmasse wiegt. Hierauf zeigt er die Regel, wornach sich die Größe des Widerstandes der Luft gegen einen fallenden Körper berechnen lasse; und erläutert sie durch

das Exempel, da **Newton** in der St. Paulskirche in London eine gläserne Kugel durch eine Höhe von 220 englischen Schuhen hat fallen lassen d). Die Kugel hat im Diameter 5 Zoll gehabt, und 483 Gran gewogen, und ist in einer Zeit von 8 Secunden und 12 Tertien durch die gedachte Höhe gefallen. Nach Herrn **Eulers** Rechnung hätte sie diesen Fall in 8, 0616 Secunden vollenden sollen. Sie hat also etwas mehr Zeit gebraucht, und hat folglich einen größern Widerstand angetroffen, als er nach der Theorie hätte seyn sollen. Inzwischen ist der Unterscheid geringe. Herr Professor **Euler** spricht daher am Ende der zweyten Anmerkung, man sehe hieraus, daß die gewöhnliche Theorie des Herrn **Newtons** bey nicht allzuschnellen Bewegungen sehr genau zutreffe. In der dritten Anmerkung setzt er noch dieses hinzu. Hieraus erhellet also, sagt er, zur Gnüge, und es könnte auch noch durch andere Experimente dargethan werden, daß für nicht allzuschnelle Bewegungen die bekannte Lehre von dem Widerstande der Luft, so wie dieselbe von **Newton** vorgetragen, und bisher von den Gelehrten gebraucht worden sey, mit der Wahrheit sehr genau übereinstimme. In solchen Fällen ist also ausgemacht, daß der

d) In Principiis Lib. 2. prop. 40. in Scholio, Exper. 13.

Widerstand eines Körpers den Quadraten der Geschwindigkeit desselben proportional sey.

§. 101.

Der Widerstand der Luft gegen ungleich große, aber gleich schnelllaufende Kugeln.

Wenn zwo Kugeln, eine kleinere A und eine größere B geschossen werden, und mit gleichen Geschwindigkeiten durch die Luft ihren Lauf fortsetzen: so verhält sich der Widerstand der Luft gegen die Kugel A zum Widerstande der Luft gegen die Kugel B, wie das Quadrat des Diameters der Kugel A zum Quadrate des Diameters der Kugel B. Sehen wir auf die Elasticität der Luft: so finden wir in dem Widerstande, welcher aus ihrer Zusammendrückung erwächst, gegen die kleinere und größere Kugel keinen Unterscheid. Denn weil beyde Kugeln gleich schnell sind: so wird die Luft vor beyden Kugeln in gleichen Zeiten durch gleich lange Räume fortgetrieben und zusammen gedrückt. Dergestalt wirkt die Luft gegen beyde Kugeln mit gleicher Elasticität zurück. Laufen beyde Kugeln so schnell, daß ihnen die Luft nicht folgen kann: so bleibt sie hinter beyden in gleichen Zeiten durch gleiche Weiten zurück. Solchergestalt thut sie auf keine Kugel einen Stoß, wodurch die Gegenwirkung, die aus der Zusammendrückung der fortgetriebnen Luft entstehet, verändert würde. Auf diese Weise

hat man bey der Bewegung gleich geschwinder Kugeln den Widerstand der Luft blos nach ihrer Gegenwirkung aus der Kraft ihrer Trägheit und nach der Menge der in gleichen Zeiten widerstehenden Lufttheilchen zu schätzen (§. 1. und 12). Was die Gegenwirkung der Kraft der Trägheit betrifft: so hat man theils die Stärke, womit die Kugeln die Luft stoßen, theils die Länge des Raums, durch welchen sie die Luft vor sich forttreiben, in Erwegung zu ziehen. Denn ie stärker ein Körper A in den andern B wirkt, desto stärker wirkt B in A zurück (§. 11); und ie länger der Raum ist, durch welchen eine flüßige Materie in einer gewissen Zeit fortgetrieben wird, durch desto mehrere Theile wird die Gegenwirkung vervielfältiget (§. 13). Wenn beyde Kugeln A und B mit gleicher Geschwindigkeit laufen: so ist die Länge des Raums, welchen A durchläuft, so groß als die Länge des Raums, welchen B in eben der Zeit vollendet; und beyde Kugeln stoßen die Luft vor sich mit gleicher Stärke. Demnach ist die Gegenwirkung der Luft, die aus ihrer Kraft der Trägheit entstehet, gegen beyde Kugeln gleich groß. Der Unterscheid des Widerstandes, welchen eine kleinere und größere Kugel in gleich schnellen Bewegungen leiden, ist also blos darinnen zu suchen, daß in gleichen Zeiten der Bewegung der kleinern Kugel eine kleinere Menge Lufttheilchen widerstehet, als der größern. Die kleinere Kugel leidet

leidet von einer kleinern Menge Lufttheilchen einen Widerstand, weil sie eine kleinere Oberfläche hat, als die größere. Es verhalten sich aber die Oberflächen zwoer Kugeln gegen einander, wie die Quadrate ihrer Diameter. Wenn also zwo geschoßne Kugeln gleich schnell laufen, und in der Größe unterschieden sind: so verhält sich der Widerstand der Luft gegen die kleinere zum Widerstande der Luft gegen die größere, wie das Quadrat des Diameters der kleinern zum Quadrate des Diameters der größern. Zur Erläuterung dieses Verhältnisses hat Robins in seinen neuen Grundsätzen der Artillerie, im fünften Satze des zweyten Hauptstückes, S. 603 und 604 ein Exempel von einer Flinten- und Canonenkugel gegeben. In dem zweyten Satze des zweyten Capitels, S. 489, hat er gezeigt, daß der Widerstand der Luft auf eine Kugel von ¾ Zoll im Diameter, welche sich mit einer Geschwindigkeit von 1670 Schuhen in einer Secunde beweget, einem Gewichte von 10 Pfunden gleich sey. Im vierten Satze des zweyten Capitels ist ausgemacht worden, daß eine eiserne Kugel von 24 Pfunden durch eine Ladung mit 16 Pfund Pulver im Losschießen eine Geschwindigkeit von ohngefehr 1650 Schuhen in einer Secunde erhalte. Diese Geschwindigkeit ist von der vorigen nicht merklich unterschieden. Robins sagt, die Fläche dieser Kanonenkugel sey 54 mal größer gewesen, als die Fläche der Flintenkugel

von $\frac{3}{4}$ Zoll im Diameter. Also hat der Widerstand der Luft, welchen die Kanonenkugel zu überwinden gehabt hat, mehr als 540 Pfund ausgetragen. Denn 1: 54 = 10: 540. Dieser Widerstand ist demnach in die 23 mal größer gewesen, als das Gewichte der Kugel e).

Das eilfte Hauptstück.

Von den Künsten und Maschinen, in welchen die Alten die elastische Kraft der Luft gebraucht haben.

§. 102.

Durch was für ein Wort die Alten die elastische Kraft der Luft angezeigt haben.

Die Kraft der Luft, welche wir ihre Elasticität nennen, ist den römischen, griechischen und ägyptischen Weltweisen nicht gänzlich unbekannt gewesen. Dieses zeigen sowohl einige

e) Da die Oberfläche der Kanonenkugel 54 mal größer gewesen ist, als die Oberfläche der Flintenkugel: so hat sich die Oberfläche der Flintenkugel zur Oberfläche der Kanonenkugel wie 1 zu 54 verhalten. Die Diameter zwoer Kugeln

einige Oerter, in welchen Aristoteles und Seneca ihre Gedanken von den Wirkungen der Luft bekannt gemacht haben, als auch verschiedne Künste und Erfindungen, in welchen Archimedes und die alten Aegyptier die Luft gebraucht, und merkwürdige Wirkungen dadurch hervorgebracht haben. Jedoch findet man in den Schriften der alten Weltweisen kein besonderes Wort, wodurch die elastische Kraft der Luft deutlich wäre angezeigt worden. Aristoteles gedenket zwar im 3ten Buche de Meteoris, im 6ten Capitel, einer gewissen Art Körper, die er wegen einer besondern Eigenschaft ἐλατὰ nennnt. Er verstehet aber dadurch keine andere, als solche, welche sich ziehen, und durch den Druck und Schlag dehnen und treiben, und dadurch länger und breiter machen lassen; wie dieses theils aus seiner Erklärung, theils aus den Exempeln erhellet, da er im 9ten Capitel das Wachs unter die ἐλατὰ und die Wolle unter die ἀνέλατα rechnet. In seinen Problematibus, in dem 25ten Abschnitte, beschäftiget er sich mit der Frage, wie es komme, daß man einen Schmerz empfinde, wenn man eine Hand in einem

geln verhalten sich gegen einander wie die Wurzeln ihrer Flächen. Also ist der Diameter der Kanonenkugel beynahe $5\frac{1}{2}$ Zoll gewesen. Denn die Wurzel von 1 ist 1, und von 54 ist $7\frac{3}{10}$. Folglich $1 : 7\frac{3}{10} = \frac{3}{4} : 5\frac{1}{2}$.

einem aufgeblasnen Schlauche stecken habe, und iemand denselben von außen drücke. Er stehet im Zweifel, ob er die beschwerliche Empfindung in der Hand dem Drucke, womit die Luft im Schlauche gegen die Hand wirkt, oder einer besondern Kraft zuschreiben solle, mit welcher sie ihrer Natur nach bemühet sey, aus sich heraus nach allen Gegenden zu wirken, wenn sie durch eine äußerliche Gewalt zusammen gedrückt werde f). Man mag dieses im Deutschen oder im Griechischen lesen: so wird man gerne wissen wollen, wie diese Kraft heißen möge? Und doch gleichwohl giebt ihr Aristoteles keinen Namen. Seneca sagt in seinen Quaestionibus naturalibus, im 5ten Capitel des 5ten Buches, in welchem er von den Winden und der Bewegung der Luft handelt, die Luft habe eine natürliche Kraft sich zu bewegen, und erhalte dieselbe nicht von einer äußerlichen Ursache, sondern habe sie in sich. Die Materie, welche mit dieser Kraft begabt ist, erklärt er im 12ten Capitel, in welchem er die Winde beschreibt, die aus den Wolken hervor brechen,

und

f) Διὰ τί ἐν τοῖς ἀσκοῖς τοῖς πεφυσημένοις ἐναπολαμβανόμενα τὰ μέλη πόνον παρέχει; πότερον διὰ τὴν πίεσιν τῦ ἀέρος. Ὥσπερ γὰρ ὐδὲ τοῖς ἔξωθεν πιέζουσι τὸν ἀσκὸν ἐνδίδωσιν ὁ ἀὴρ, ἀλλ' ἀπωθεῖ: ὕτω καὶ τὰ ἐντὸς ἐναπολαμβανόμενα θλίβει ὁ ἀὴρ. Ἠ διότι βίᾳ κατέχεται καὶ πεπίληται; Ἔξω ὖν πάντῃ ὁρμῶν κατὰ φύσιν προσαπερείδεται πρὸς τὸ ἐντὸς ἀπειλημμένον σῶμα.

und bey den Griechen ἐκνέφιαι heißen, durch das lateinische Wort *spiritus*. Er ist der Meynung, die gedachten Winde würden dadurch erzeuget, daß die aus dem Erdboden aufsteigenden Dünste trockne und feuchte Materien mit sich in die Höhe der Luft hinauf führten, die anfänglich einander entgegen wirkten, sich aber nach und nach vereinigten, und hole Wolken hervor brächten, zwischen welchen enge und röhrenähnliche Zwischenräume wären. Hierauf spricht er: His interuallis tenuis includitur *spiritus*, qui maius desiderat spatium, cum euerberatus cursu parum libero incaluit; et ab hoc amplior fit, scinditque cingentia, et erumpit in ventum: qui fere procellosus est, quia superne demittitur, et in nos cadit vehemens et acer; quia non fusus, nec per apertum venit, sed laborat, et iter sibi vi et pugna parat. Es scheint, er verstehe durch *spiritus* eben das, wodurch die in einer Blase verschloßne Luft einen größern Raum suchet, wenn die Blase über glüende Kohlen gehalten und gewendet wird. Die Elasticität der Luft in der Blase wird durch die eindringende Wärme dermaaßen verstärkt, daß endlich die Blase von der Luft zersprengt wird, und ein heftiger Wind hervorbricht. Das von dem Seneca gebrauchte Wort *tenuis spiritus* läßt sich demnach gar füglich durch eine zarte Materie erklären, die mit einer elastischen Kraft versehen ist, oder durch eine zarte elastische Materie übersetzen. Am

Ende

Ende des 12ten Capitels, wo Seneca die Ursache der Stärke und Heftigkeit der Winde, die bey ihm ἐκνέφιαι heißen, zeigen will, giebt er folgende Erklärung: Hi venti multo maiores diuturnioresque ſunt, ſi alios quoque flatus ex eadem cauſſa ruentes in ſe abſtulere, et in vnum confluxere plures: ſicut torrentes modicae magnitudinis eunt, quamdiu ſeparatis ſuus curſus eſt; cum vero plures in ſe aquas conuertere, fluminum iuſtorum ac perennium magnitudinem excedunt. Idem credibile eſt fieri et in procellis, vt ſint breues, quamdiu ſingulae ſunt: vbi vero ſociauere vires, et ex pluribus caeli partibus *eliſus ſpiritus* eodem ſe contulit; et impetus illis accedit et mora. Im Deutschen würde man sagen: diese Sturmwinde werden heftig und anhaltend, wenn die gepreßte Luft mit ihrer Elasticität oder Federkraft aus verschiednen Theilen des Himmels hervor bricht, und in einen einzigen Raum zusammen kömmt. Am Ende des 13ten Capitels, da er den Unterscheid zwischen Wind und Luft zeigen will, braucht er dazu das Wort ſpiritus, wird aber dadurch etwas unverständlich. Er spricht: quamdiu leues ſunt aëris motus agitati pluribus locis, nondum eſt ventus: tunc eſſe incipit, cum omnes illos miſcuit et in vnum impetum contulit. So weit ist der Ausdruck deutlich. Aber in den folgenden Sätzen hat man Mühe, den Verstand heraus zu bringen. Spiritum a vento modus ſeparat. *Vehementior enim ſpiritus*

ventus est: in vicem spiritus leniter fluens aër. Der letztere Satz wird sich im Deutschen folgendergestalt geben lassen; wenn in zween Theilen der Luft die elastischen Kräfte ohne Gewalt einander entgegen wirken: so bleibt die Luft in Ruhe. Der zweyte Satz hat diesen Verstand; wenn die Federkraft der Luft in einem Theile derselben stärker wird, als in dem andern: so entstehet ein Wind, oder, so ist die dadurch bewegte Luft ein Wind. Aber der erste Satz ist dunkel: *Spiritum* a vento modus separat. Das Wort modus lässet sich durch Stärke und Schwäche erklären, und das Zeitwort separat zeigt einen Unterscheid an. Es scheint also, der erste Satz hat folgenden Verstand: der Unterscheid zwischen Wind und Luft bestehet darinnen, daß im Winde die Federkraft der Luft mit einer gewissen Gewalt wirkt. Diesen Verstand machen die beyden folgenden Sätze wahrscheinlich: vehementior enim *spiritus* ventus est; in vicem *spiritus* leniter fluens aër. Unter den Ursachen der Erdbeben, wovon Seneca im 6ten Buche seiner Quaestionum naturalium handelt, wird eine spiritus genennet. Er sagt im 5ten Capitel: caussam, qua terra concutitur, alii in aqua esse, alii in ignibus, alii in ipsa terra, alii in spiritu putauere. Einige Weltweisen, welche das Feuer für die Ursache des Erdbebens halten, verbinden damit dasjenige Wesen, welches Seneca durch *spiritus* andeutet. Im

11ten Capitel trägt er ihre Gedanken mit folgenden Worten vor: Quidam ignibus quidem assignant hunc tremorem, sed aliter. Nam cum pluribus locis ferueant: necesse est, ingentem vaporem sine exitu voluant, qui vi sua *spiritum* intendit: et, si acrius institit, opposita diffundit; si vero remissior fuit, nihil amplius, quam mouet. Diese Meynung hat vornemlich Archelaus zu behaupten gesuchet. Seneca trägt sie im 12ten Capitel vor. Spiritum esse, sagt er, qui moueat, et plurimis et maximis auctoribus placet. *Archelaus* antiquitatis diligens ait ita: venti in concaua terrarum deferuntur. Deinde vbi iam omnia spatia plena sunt, et in quantum aër potuit densatus est, is, qui superuenit, *spiritus* priorem premit et elidit, ac frequentibus plagis primo cogit, deinde perturbat. Tunc ille quaerens locum omnes angustias dimouet, et claustra sua conatur effringere. Sic euenit, vt terrae, *spiritu* luctante et fugam quaerente, moueantur. Itaque cum terrae motus futurus est, praecedit aëris tranquillitas et quies: videlicet, quia vis *spiritus*, quae concitare ventos solet, in inferna sede detinetur. In dieser ganzen Erklärung siehet man allenthalben, wo das Wort *spiritus* vorkömmt, daß Archelaus dadurch ein flüßiges Wesen verstanden hat, welches sich durch seine Federkraft nach allen Gegenden auszubreiten suchet. Im 13ten Hauptstücke erzählet Seneca, daß Aristoteles und Theo-

phra-

phrastus gleichfalls dafür gehalten hätten, die vornehmste Ursache des Erdbebens wäre der *Spiritus*. Und man siehet aus dem Zusammenhange ihrer Gedanken, daß die Bedeutung dieses Wortes eben diejenige sey, die ich anietzo angeführet habe. Seneca sagt, sie hätten folgendergestalt gedacht. Semper aliqua euaporatio est a terra, quae modo arida est, modo humido mixta. Haec ab intimo edita, et, in quantum potuit, data, cum vlteriorem locum, in quem exeat, non habet, retro fertur atque in se reuoluitur: dumque *rixa spiritus reciprocantis* jactat obstantia, et, siue interclusus, siue per angusta enisus est, motum ac tumultum ciet. Wenn man die Eigenschaften der Federkraft betrachtet: so siehet man wohl, daß *rixa spiritus reciprocantis* nichts anders seyn kann, als die heftige Bestrebung der Elasticität, womit ein flüßiges Wesen in die Sachen und Körper wirkt, durch deren Widerstand es eine zeitlang in sich selbst ist zurück getrieben worden. Von der Art und Weise, wie dieser *Spiritus* in den Oertern und Klüften der Erde wirke, und durch seine Gewalt eine Erschütterung verursache, trägt Seneca im 14ten und in den übrigen Hauptstücken des sechsten Buches noch vieles vor, welches alles deutlich zeiget, daß er mit dem Worte *Spiritus* den Begriff eines flüßigen Wesens, welches mit einer Federkraft wirket, verbunden hat.

§. 103.

Die Wind= und Dampfkugeln.

Unter den Künsten und Maschinen, in welchen die Alten die elastische Kraft der Luft gebrauchet haben, sind die Wind= und Dampfkugeln, der Ball und Springbrunnen des **Herons**, das Kunstohr des **Dionysius**, die Statue des **Memnon**, und die ägyptischen Altäre und Tempel, da die Götzenbilder Wein und Milch gegeben, und die Thüren sich aufgethan haben, besonders zu merken. Der Wind= und Dampfkugeln gedenket **Vitruvius**, welcher zur Zeit des Kaisers **Augustus** gelebt hat, im 1 Buche von der Architectur, im 6ten Capitel. Sie heißen Aeolipilae, weil die Alten gemeynt haben, man könnte dadurch die Erzeugung der Winde erklären (Tab. VI. Fig. 5). Eine **Wind= und Dampfkugel** ist eine hole küpferne Kugel AB, mit einer Röhre AE, die eine sehr enge Oeffnung in E hat. Sie bestehet aus zwo Hälften ACD und CBD, die mit Schlageloth zusammen gelöthet werden, damit die Löthung im Feuer bestehen kann, wenn die Kugel auf glüenden Kohlen liegt. An der Kugel bey A ist die angelöthete küpferne Röhre etwas weit. Von dar bis in E läuft sie immer enger zu, bis endlich die Oeffnung bey E so klein wird, daß man kaum mit einem dünnen Drathe hineinkommen kann. Eine dergleichen Wind= und

Dampf=

Dampfkugel wird mit Wasser gefüllet, indem man sie auf glüenden Kohlen erwärmet, und sodann die Röhre mit ihrer Oeffnung in Wasser stecket, welches durch die Röhre in die Kugel steiget, wenn die erwärmte Kugel wieder kalt wird. Denn durch die Erwärmung wird die elastische Kraft der Luft in der Kugel verstärket. Dergestalt gehet ein Theil Luft aus der Kugel heraus. Wird nun die Wärme in der Kugel vermindert: so hat die in ihr verdünnte Luft nicht mehr die Gewalt sich auszubreiten, und dem Drucke der äußern Luft, welche dichterer ist, zu widerstehen. Durch die stärkere Gewalt der äußern Luft wird also das Wasser, in welchem die Röhre steckt, durch sie in die Kugel getrieben. Man füllet aber nur einen Theil des Raums in der Kugel mit Wasser. Sodann legt man die Kugel wiederum auf glüende Kohlen. In einer Weile fährt durch die Röhre ein Dampf mit Ungestüm, nach Art eines heftigen Windes, heraus. Dieser Wind, mit welchem die Dünste heraus fahren, entstehet daher, weil das Wasser in der Kugel durch die Hitze der glüenden Kohlen in Dünste aufgelöset wird, welche sich durch die Luft in der Kugel vertheilen; und weil die Luft durch eben diese Hitze eine Verstärkung der Elasticität erhält, wodurch sie bemühet ist, sich in einen größern Raum auszubreiten. Je größer nun diese Bestrebung durch die Hitze wird, und ie desto enger der Ausgang

in der Röhre ist, desto größer wird die Geschwindigkeit der herausfahrenden Luft mit ihren Dünsten.

§. 104.

Die wasserspritzende Kugel und der Springbrunnen des Heron von Alexandrien.

Heron, ein Mathematicus von Alexandrien, hat, zu den Zeiten des ägyptischen Königes **Ptolemäus Evergetes**, mehr als hundert Jahr vor **Christi** Geburt gelebet, und den Nahmen seines Lehrmeisters **Ctesibius** zum Zunahmen bekommen. Er wird auch der ältere **Heron** genennet, weil noch ein Mathematicus von Alexandrien, welcher im siebenten Jahrhunderte nach **Christi** Geburth gelebet hat, den Nahmen **Heron** führet. Das Leben des ältern **Heron** hat **Johann Andreas Schmidt** 1714 in einer Disputation beschrieben, davon der Titel heißt: *Heronis* Alexandrini vita, scripta et quaedam inuenta. In dem vortrefflichen Werke, welches **Heron** der ältere πνευματικά oder spiritalia nennet, siehet man ganz deutlich, daß er von der elastischen Kraft der Luft eine große Kenntniß gehabt hat, ob er gleich dieses Wort nicht brauchet. In dem ganzen Werke zeigt er die merkwürdigen Wirkungen, welche die Luft durch ihre Bewegung hervorbringt. Und diese

Wir-

Wirkungen sind die πνευματικὰ, die er in diesem Buche erkläret. Denn die bewegte Luft, oder die Luft, in sofern sie in Bewegung ist, heißt bey ihm πνεῦμα. Die Bewegung, worein die Luft gesetzt wird, zeigt er gleich zum Anfange durch ein Exempel. Wenn man ein Gefäße, sagt er, welches leer zu seyn scheint, umkehrt, und mit der Oeffnung in Wasser steckt: so widerstehet die Luft dem Wasser, daß er das Gefäße nicht ausfüllen kann, wenn man es auch gleich mit Gewalt in das Wasser ganz hinein steckt. Sticht man in den über das Wasser hervorragenden Boden des Gefäßes ein Loch: so gehet das Wasser in den vorher mit Luft erfüllten Raum des Gefäßes, und treibet die Luft durch das Loch. Hält man die Hand über dasselbe: so fühlt man den aus dem Gefäße herauskommenden Wind, das herauskommende πνεῦμα, welches nichts anders ist, als die von dem Wasser herausgetriebne Luft. Hierauf nun zeiget Heron die zwo Eigenschaften der Luft, in welchen ihre Elasticität bestehet. Er sagt, die Luft lasse sich zusammen drücken, und komme durch die natürliche Bestrebung ihrer Theile in den vorigen Zustand, wenn die zusammendrückende Kraft zu wirken aufhöre. Die Art und Weise, wie es möglich sey, daß sich die Luft zusammen drücken lasse, erkläret er dadurch, daß zwar die Körper oder Theile der Luft unter einander zusammen hängen, aber

einander nicht in allen Puncten berühren, sondern nach Art des Sandes am Ufer gewisse leere Räume zwischen sich haben g). Er vergleicht die Theile des Sandes mit den Körpern, woraus die Luft bestehet, und die Luft zwischen den Theilen des Sandes mit den leeren Räumen zwischen den Theilen der Luft. Er zeiget, daß die Theile der Luft eine Bemühung (ἐντενία) äußerten, in einen leeren Raum zu dringen, wenn sie von einander getrennet würden; und daß sie nach geschehener Trennung wieder zusammen liefen, sobald der Raum zwischen ihnen leer und frey gemacht würde, da ihnen nichts widerstünde. Er vergleicht diese Bemühung mit der Kraft, die man in den

g) Seine eigne Worte sind diese. Τὰ τοῦ ἀέρος σώματα συνερείδει μὲν πρὸς ἄλληλα. οὐκέτι πᾶν δὲ μέρος ἐφαρμόζει, ἀλλ' ἔχει τινα διαστήματα μεταξὺ κενὰ, καθάπερ ἡ ἐν τοῖς αἰγιαλοῖς ψάμμος· τὰ μὲν οὖν τοῦ ψάμμου μόρια τοῖς τοῦ ἀέρος σώμασιν ἀφομοιοῦσθαι ὑποληπτέον· τὸν δε ἀέρα τὸν μεταξὺ τῶν τῆς ψάμμου μορίων τοῖς μεταξὺ τοῦ ἀέρος κενοῖς· διὸ καὶ πιλεῖσθαι τὸν ἀέρα συμβαίνει ἐκ βίας τινὸς προσελθούσης, καὶ συνιζάνειν εἰς τὰς τῶν κενῶν χώρας παρὰ φύσιν, τῶν σωμάτων πρὸς ἄλληλα θλιβομένων. ἀνέσεως δὲ γενομένης πάλιν εἰς τὴν αὐτὴν τάξιν ἀποκαθίσταται, τῇ μεν σωμάτων ἐντενία, καθάπερ καὶ τοῖς κεράτων συμβαίνει ξέσμασι καὶ τοῖς σπόγγοις, ὅταν συμπιπληθέντα ἀνεθῇ πάλιν ἐπὶ τὴν αὐτὴν χώραν ἀποκαθίσταται, καὶ τὸν αὐτὸν ὄγκον ἀποδιδόναι·

den Spänen von Horne und in trocknen Schwämmen wahrnähme, wenn man sie zusammen drückte. Ließe man mit dem Zusammendrücken nach: so giengen sie wieder in ihren vorigen Raum zurück, und bekämen ihren vorigen Umfang. Er erläutert und bestätiget die Wahrheit durch drey Exempel. Setzt man ein leichtes Gefäße mit einer engen Oeffnung an den Mund, und sauget die Luft aus, und lässet nach: so bleibt es an den Lippen hängen, daß das Fleisch in die Oeffnung des Gefäßes hinein gedrückt wird. Nimmt man ein mediciniſches Glas mit einem engen Halse, und sauget die Luft aus, und deckt so gleich nach dem Aussaugen den Finger über die Oeffnung, und kehrt das Gläschen um, und steckt den Hals in Wasser, und ziehet im Wasser den Finger weg: so steigt das Wasser wider die Natur in die Höhe. Die Schröppköpfe werden an die Haut gedrückt, und bleiben hängen, indem das Feuer unter ihnen die Luft verdünnet. Vornemlich hat Heron durch die Erfindung eines Springbrunnens und einer wasserspritzenden Kugel gezeiget, daß ihm die Kraft der Luft, welche wir ihre Elasticität nennen, wohl bekannt gewesen sey.

Der Herons-Ball.

Die wasserspritzende Kugel, welche man den Herons-Ball nennet, wird auf folgende Art zubereitet (Tab. VI. Fig. 6). Man füllet in eine Kugel AB, die entweder aus Metall, oder aus Glase seyn kann, eine gläserne oder metallne Röhre CD, die oben in C eine sehr enge Oeffnung hat, und etliche Zolle über die Kugel hervorraget, und mit dem andern Ende beynahe bis an den Boden der Kugel gehet. Diese Kugel füllet man bis über die Hälfte mit Wasser, indem man die Röhre in den Mund nimmt, und sauget, und sodann die Oeffnung mit einem Finger bedeckt, und die Röhre in ein Gefäße voll Wasser stecket. Bequemer lässet sich die Kugel füllen, wenn man Kugel und Röhre dergestalt einrichtet, daß man die Röhre aus der Kugel heraus und wieder hinein schrauben kann. Kann zwischen der Röhre und Kugel keine Luft hinein und keine heraus, und man bläßt in die Röhre: so wird die Luft über dem Wasser in der Kugel durch die eingeblasne Luft dichterer als die Luft außer der Kugel. Sobald man demnach aufhört zu blasen: so treibt die dichter gemachte Luft über dem Wasser in der Kugel durch ihre vermehrte Elasticität das Wasser durch die Röhre in die freye Luft. Indem sich aber die Luft in den Raum ausbreitet, welchen das herausgetriebene Wasser zurück läßt: so wird die

die Federkraft der Luft vermindert, und das Springen des Wassers wird schwächer und höret auf. Sobald man aber von neuem Luft in die Röhre bläset: so bekömmt die elastische Kraft der Luft über dem Wasser eine abermalige Verstärkung, wodurch das Wasser aufs neue zum Springen gebracht wird.

Der Herons-Brunnen.

In dem Springbrunnen, welchen Heron erfunden hat, wird das Wasser gleichfalls durch die Elasticität der zusammengedrückten Luft zum Springen gebracht. Es wird aber die Luft nicht durch Einblasen, sondern durch fallendes Wasser zusammen gedrückt. (Tab. VI. Fig. 7). Dieser Springbrunnen hat folgende Einrichtung. Man nimmt zwey Gefäße AB und CD, davon iegliches auf allen Seiten fest zu ist, daß die Luft nirgends einen Ein- und Ausgang findet. Im obern Gefäße ist der Deckel AE wie eine Schüssel oder Schale vertiefet. Durch diesen Deckel gehet eine angelöthete Röhre FG, beynahe bis an den Boden des untern Gefäßes CD, und ist oben und unten offen. An dem Deckel des untern Gefäßes CD ist eine Röhre HI angelöthet, die gleichfalls oben und unten offen ist, und beynahe den Deckel des obern Gefäßes AE erreichet. Zum dritten löthet man an den Deckel des obern Gefäßes die Röhre KL, die beynahe bis an seinen Boden CB gehet. Wird das

obere

obere Gefäße AB mit Wasser gefüllet, und in die Schüssel AE ebenfalls etwas Wasser gegossen: so wird das Wasser aus dem Gefäße AB in die Röhre LK getrieben, und springet so lange, bis das Gefäße AB kein Wasser mehr hat. Denn wenn das Wasser aus der Schüssel AE durch die Röhre FG in das untere Gefäße CD fällt: so jaget es die Luft aus demselben durch die Röhre HI in das obere Gefäße AB. Die Luft in diesem Gefäße wird also zusammen gedrückt. Ihre elastische Kraft wird demnach stärker, als die Elasticität der äußern Luft, und treibt also das Wasser aus dem obern Gefäße AB in die Röhre LK. Das herausgetriebne Wasser fällt aus der erlangten Höhe herab in die Schüssel AE, und fließet demnach beständig durch die Röhre FG in das untere Gefäße CD, und jaget die Luft aus denselben durch die Röhre HI in das obere AB. Also wird die Luft immer von neuem zusammen gedrückt. Solchergestalt wird das ganze Wasser in AB durch die Röhre LK in die freye Luft getrieben.

§. 105.

Das Ohr des Dionysius.

Das große und prächtige Gefängniß in Syracus, wie es Cicero h) beschreibet, wird

h) Libro 5. in *Verrem.* c. 27.

wird das Ohr des Dionysius genennet, weil der inwendige Bau die völlige Einrichtung eines Ohres gehabt, und den Schall dergestalt vermehret hat, daß der Tyrann an der obern Oeffnung desselben die Worte derer in der Tiefe sitzenden Gefangnen deutlich vernehmen konnte. Es ist in einem lebendigen und harten Felsen eingehauen gewesen, und hat nach Art des menschlichen Ohres schneckenförmige Wendungen und Hölen und Gänge gehabt, aus welchen der Schall zuletzt in einen engen Gang neben der Wohnung des Kerkermeisters gebracht worden ist. **Kircher** hat im Jahre 1638 eine Reise nach **Syracus** gethan, und den Ort dieses Gefängnisses, welches außer den Stadtmauern liegt, mit Fleiß betrachtet. Er erzählet i), das Gemäuer und Gebäude wäre ziemlich verfallen und eingegangen, und gäbe einen seltsamen und wunderlichen Widerhall, daher es auch la Grotta della favella genennet würde; eine leise Stimme würde in ein Geschrey verwandelt; räusperte man sich, so wäre es, als wenn es donnerte; schlüge man auf einen Mantel, oder schüttelte ihn, so knallte es, als wenn ein Stück losgebrennt würde; die Stimme würde nicht nur verstärkt, sondern auch zu verschiednen malen wiederholet; wenn zween mit einander sängen, so klänge es, als wenn ihrer viere wären,

i) In Phonurgia lib. 1. Sect. 4. c. 3.

wären, indem der Widerhall des ersten sich auf und mit der Stimme des andern hören ließe. Am Ende seiner Erzählung fügt er einen Abriß bey, welchen die Patres Syracusani gemacht, und nach Rom geschickt haben. Er erzählet, **Mirabella** habe in seiner Ichnographia Syracusana dieses Ohr des **Dionysius** mit vielem Fleiße beschrieben. Im Jahre 1701 hat der Rector des Gymnasii in Weymar, **Philipp Großgebauer**, eine Abhandlung de Aure Dionysii in lateinischer Sprache auf zween Bogen bekannt gemacht. Die Kunst, welche dieses Ohr in einem Felsen gebildet, und die Hölungen und Krümmungen darinnen so groß und so geschickt zubereitet hat, daß die Luft durch die vielen und mannigfaltigen Reflexionen des Schalls unzählbare Erschütterung erhalten kann, ist ein klares Zeugniß, daß dem Erfinder dieses Kunstohres die Kraft der Luft in der Fortpflanzung und Vermehrung des Schalles bekannt gewesen seyn müsse.

§. 106.

Die Statue des Memnons.

Das Wunderbare, was von der Bildsäule des **Memnons** in der ägyptischen Stadt Theben erzählet wird, ist bekannt genug. Es soll dieselbe bey Aufgang der Sonne einen

nen Ton einer Saite auf einer Leyer oder Cither gegeben haben. **Pausanias** k) erzählet, er habe diese Bildsäule gesehen, sie stelle einen sitzenden Menschen vor; viele nennten sie den **Memnon**, welcher aus **Aethiopien** gekommen und in Aegypten eingedrungen sey; aber die Einwohner in Theben wollten es nicht Wort haben, daß dieses Bild den **Memnon** bedeute; auch hätten einige diese Statue dem ägyptischen Könige **Sesostris** zueignen wollen, die von dem **Cambyses** zerstümmelt worden sey. **Strabo** l) hat gleichfalls diese Statue gesehen, da er mit dem **Aelius Gallus** in Gegenwart einer Menge seiner Freunde und Soldaten in Theben gewesen ist. Er erzählet, er habe ohngefehr um die erste Stunde einen Klang gehöret; ob aber derselbe in der Bildsäule entstanden, oder von den umstehenden Leuten mit Fleiß gemacht worden sey, da könnte er nun nichts gewisses sagen. Herr **Richard Pocock** erzählt in seiner Beschreibung von Aegypten, in der Abhandlung von den Gräbern zu Theben, er habe Ueberbleibsel von zween Statuen von schwarzen Granitstein gefunden, da einige geglaubt hätten, daß eine von beyden die **Memnonsstatue** wäre; eine davon sey sitzend vor-

k) In Graeciae Descriptione gegen das Ende des 1 Buchs.

l) De Situ Orbis, lib. 17.

vorgestellet gewesen, uud habe von der Hand bis an den Ellbogen fünf Schuhe, und von da bis an die Schulter vier Schuhe gehalten, der Kopf sey viertehalb Schuhe, und das Ohr einen Schuh lang gewesen.

Wie nun aber in der Memnonsstatue durch die Strahlen der aufgehenden Sonne ein Ton einer Cithersaite habe erwecket werden können, das suchet **Kircher** aus der Elasticität der Luft zu erklären, die in der Statue eingeschlossen gewesen sey, und ein Rad in Bewegung gebracht habe. Er giebt davon in seinem Oedipo Aegyptiaco m) folgende Erklärung (Tab. VI. Fig. 8). Man nehme ein Gestelle, worauf die Statue Platz haben kann, und theile es in zwey Behältnisse, davon iegliches seinen Boden hat. In dem untern Behältnisse CDEF mache man die Wand DF aus sehr dünnem Metalle, die sich von den anfallenden Sonnenstrahlen leichte erwärmen lasse. In dem obern Behältnisse ABEF mache man durch den Boden EF ein Loch R, und befestige darinnen eine durchgesteckte Röhre. In dem obern Behältnisse ABEF henke man ein recht leicht bewegliches Rad auf. Auf den äußerlichen Umfang desselben befestige man Breterchen, oder Schaufeln mit Spitzen. Quer über das Rad ziehe und spanne man in dem obern Behältnisse von einer Wand zur andern zarte

m) In Tomo 2, in Parte altera p. 326.

zarte metallne Saiten, die in der Bewegung des Rades von den Spitzen der Breterchen berühret werden können. Wird nun in dem untern Gefäße die Seite DF durch die Sonnenstrahlen erwärmet: so wird die inwendige Luft, welche des Nachts kalt geworden ist, ausgedehnet, und dringt durch die hierdurch verstärkte Elasticität in die durch das Loch R gesteckte Röhre, und geht durch dieselbe in das obere Behältniß, und stößt an das nächste Bretchen des Rades. Durch die Kraft dieses Windes kömmt demnach das Rad in Bewegung, und stößt mit seinen Spitzen an die metallnen Saiten, die solchergestalt einen Klang geben.

Franciscus **Tertius de Lanis** n) sagt, er würde im Zweifel stehen, ob die Sonnenwärme vermögend sey, eine so starke Bewegung in der Luft zu machen, wenn nicht **Kircher** dabey versicherte, wie er eine solche Maschine hätte machen lassen, in welcher die durch die Sonnenstrahlen erwärmte Luft ein dergleichen Rad bewegt hätte. Hierbey meynt **Tertius de Lanis**, die Bewegung des Rades würde leichter erfolgen, wenn man das untere Gefäße in zwey kleinere abtheilte, die durch eine Decke von einander abgesondert würden, wodurch eine Röhre gienge, damit die Luft aus der untern Abtheilung in die obere getrieben werden könnte. Ueber dieses sollte man die untere Abtheilung so einrichten, daß an der Seite, an welche die Sonnenstrahlen fallen, inwen=

n) In Tomo II. Magisterii Naturae et Artis, p. 375.

inwendig ein Gefäße voll Wasser stünde, in welchem ein Heber steckte, daß das Wasser beynahe bis an seine Krümmung reichte. Das andere Ende des Hebers sollte in der untern Abtheilung stecken. Würde nun die auf dem Wasser ruhende Luft von den Strahlen der Sonne erwärmet werden: so würde sie durch ihre verstärkte Elasticität das Wasser in die Höhe drücken, daß es in den andern Schenkel gehen, und in die untere Abtheilung fallen würde. Hierdurch würde die Luft in demselben zusammen gedrückt werden, daß sie durch ihre Elasticität mit einer ziemlichen Gewalt in die obere Abtheilung und aus dieser in das obere Behältniß dringen, und das Rad daselbst bewegen würde.

§. 107.

Der Gebrauch der elastischen Kraft der Luft in den ägyptischen Tempeln.

Durch die elastische Kraft der Luft haben die ägyptischen Priester merkwürdige Bewegungen hervorgebracht, welche **Heron** in seinen Spiritalibus umständlich und deutlich erkläret, und woraus **Kircher** in seinem Oedipo verschiednes anführet. Die Altäre wurden von den Statuen der Götzen mit Weine, Milch, Oele und andern flüßigen Materien besprengt, die Götzenbilder hüpften und tanzten, ein Triton blies auf der Trompete, das Opferfeuer entzündete sich von selbst, und die verschloßnen Thüren thaten sich auf, wenn dasselbe zu brennen anfieng. Dieses letztere ward auf folgende Art durch die elastische

Kraft

Kraft der Luft bewerkstelliget (Tab. VI. Fig. 9). Auf dem holen Gestelle ABCD ruhete ein Opferheerd DE, und gegen über war eine Thüre mit Flügeln. Die Flügel waren an zwo leicht beweglichen Wellen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ befestiget, davon man aber nichts merkte, wenn sich die Flügel aufthaten. In der Höle des Gestelles stund ein Gefäße GH, aus welchem eine Röhre GE bis unter den holen Opferheerd DE gieng. Dieses Gefäße war über die Hälfte voll Wasser. Aus ihm gieng ein Heber KCM in ein Geschirre oder in einen Eymer NX. Dieser Eymer hieng an zween Stricken, die über eine Rolle gezogen und oben um die Wellen geschlungen waren. Unten um die Wellen war auch ein doppelter Strick geschlungen, und über die Rolle V gezogen. An dem Ende dieses Stricks hieng ein Gewichte. Ward nun das Feuer auf dem Heerde zum Opfer angezündet: so ward die in der Höle unter dem Heerde verschloßne Luft stark ausgedehnet, und durch die Röhre EG in das wohlverwahrte Gefäße GH getrieben. Hier drückte die Luft durch ihre verstärkte Elasticität das Wasser in den Heber KLM. Indem nun das Geschirre oder der Eymer NX durch das herüber getriebne Wasser eine Ueberwucht bekam: so konnte der Eymer von dem Gewichte F nicht mehr gehalten werden. Der Eymer sank demnach darnieder, und die Wellen wurden durch den Zug der Stricke herum gedrehet. Solchergestalt mußten sich die Thürflügel aufthun. In dem Eymer NX war ein gebogner Heber Θ, welcher durch den Eymer durchgieng, und in der

Oeff-

Oeffnung bey V befestiget war, damit keine Luft in den Eymer kommen konnte. Unter dem auswendigen Schenkel des Hebers bey V stand ein leeres Gefäße. Wenn nun der Eymer voll Wasser war, daß dasselbe über die erhabne Krümmung des Hebers stund: so fieng es an, durch den Heber zu lauffen, und lief aus dem Eymer völlig heraus, indem der inwendige Schenkel des Hebers bis an den Boden reichte. Dergestalt verlohr der Eymer seine erhaltne Last, und ward durch die Ueberwucht des Gewichtes F in die Höhe gezogen. Durch diesen Zug wurden die Wellen rückwärts gedrehet, und hiermit die Thüren wiederum zugeschlossen.

E N D E.

Bayerische Staatsbibliothek München

* ☼ *

Register.

Durch den Buchstaben S wird die Seite, und durch das Zeichen §. der Paragraph angezeiget.

A.

Aegyptier, der Gebrauch der Elasticität der Luft in ihren Tempeln, S. 338. §. 107.

Aeolipilae sind den Alten bekannt gewesen, S. 324. §. 103.

Altäre der Aegyptier sind durch Hülfe der elastischen Kraft der Luft mit Wein und andern flüßigen Materien bespritzt worden, S. 338. §. 107.

Amonton hat die verschiednen Verdichtungen der Luft in den Tiefen der Erde ausgerechnet, S. 104. 111. hat untersucht, wie viel die Elasticität der Luft durch die Hitze des siedenden Wassers zunimmt, S. 118. §. 47. hält dafür, daß die Elasticität eingeschloßner Luft durch einerley Grad der Hitze desto mehr verstärkt werde, ie mehr sie zusammen gedrückt sey, S. 120. Was de la Hire dagegen erinnert, S. 122. 127.

Ausdehnung der Luft durch ihre Elasticität, ihre Grenzen, S. 214. §. 75.

Auspumpen der Luft, S. 191. §. 67.

B.

Bach, dessen wunderbare Aufmerksamkeit und subtiles Gehöre, S. 231.

Ball des Heron, S. 330.

Berge, die Verdünnung der Luft auf ihnen, S. 200. §. 71.

Bewegung, ob sie durch die Kraft der Trägheit fortdauret, S. 4. §. 3. Hausens Gedanken davon, S. 5 - 7.
Bewegung, zusammengesetzte, S. 278. Anmerkung r).
Bianconi, seine Untersuchungen der Geschwindigkeiten des Schalles, S. 245 und 246. 249 und 250.
Birnprobe, ein Instrument, wodurch Smeaoton die Verdünnung der Luft untersucht, S. 192.
Bley, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 110.
Bleykugeln, geschoßne werden im Wasser geplättet und zerspringen, S. 17 und 18.
Boyle, seine Untersuchung, wie die Zusammendrückung der Luft und mit ihr die Elasticität wachse, S. 81. §. 41. ob sich in verdünnter und ausgedehnter Luft ihre Elasticität mit der Zeit ändere, S. 175 und 176. in wie einen großen Raum sich eine kleine Luftblase ausdehne, S. 193 - 195.
Brennspiegel, Hösens parabolische, in ihrem Brennpuncte wird der Schall gesammlet, S. 282.

C.

Carree, was er für Versuche mit Bleykugeln anstellen lassen, welche in Wasser geschossen worden, S. 17 und 18.
Conspirirende Kräfte, S. 278. Anmerk. r).

D.

Dampfkugeln sind in alten Zeiten bekannt gewesen, S. 324. §. 103.
Denier, S. 18.
Dionysius, sein Kunstohr, S. 322. §. 105.
Dünste, wie gewisse Dünste in der Elasticität der Luft eine Veränderung machen, S. 183. Dünste eines Kometenschweifes sind unglaublich dünne, S. 221.

E.

Echo, S. 283. §. 93. wenn es vernommen werden kann, S. 283. §. 93. in welcher Weite es ein Violiniste hören kann, S. 285. das einsylbige und

und vielsylbige, S. 285. §. 94. S. 286. die Weite, welche dazu erfodert wird, S. 287. das einstimmige und vielstimmige, S. 286. das vielstimmige, S. 287 - 289. wenn es vielstimmig wird, S. 289. das mannigfaltige, S. 290. Exempel des vielstimmigen in dem Lusthause Simonetti, S. 289. in Leipzig, S. 289. Exempel des mannigfaltigen in Cycicus, S. 291. in Olympia, S. 292. beym Grabe der Meteller, S. 293. bey Altorf, S. 292.

Eisen, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109. des gegoßnen und geschlagnen Festigkeit, S. 197. glüendes, wie weit seine Hitze die Elasticität der Luft verstärkt, S. 127. §. 49.

Elasticität der Luft, S. 42. wie weit sie durch die Hitze des siedenden Wassers verstärkt werde, S. 124. und wie weit durch die Hitze des glüenden Eisens, S. 127. §. 49.

Ελατὰ sind beym Aristoteles keine elastische Körper, S. 317.

Elliptisches Gewölbe, der in ihm erregte Schall, S. 281.

Εντεινία, Elasticität, S. 321.

Erschüttern, S. 222. § 76.

Erschütterung der Luft im Schalle, S. 229.

Euler, zweifelt, ob die Elasticität der Luft im Pulver der Dichtigkeit proportional sey, S. 164 - 168. hält nicht dafür, daß in den Instrumenten, welche geblasen werden, die Töne durch die Zitterungen ihrer Theile entstehen, S. 270.

F.

Fallende Körper, der Widerstand der Luft gegen sie, S. 311.

Festigkeit eines eisernen Draths, S. 101. des gegoßnen und geschlagnen Eisens, S. 197.

Flüßige Materien von verschiedner Dichtigkeit, das Verhältniß ihres Widerstandes gegen bewegte Kör-

Körper, S. 45. §. 22. Versuch in der Luft, im Wasser und Quecksilber, S. 47. §. 13.

G.

Gegenwirkung der Kraft der Trägheit, wie groß sie sey, S. 19 §. 9 wenn sie einerley bleibt, S. 21. §. 10. wenn sie zunimmt, S. 22. §. 11. Hausen will ihrer Gegenwirkung keine Grenzen setzen, S. 23.
Geschwindigkeit, die Verschiedenheit des Widerstandes flüßiger Materien gegen bewegte Körper in ihren verschiednen Geschwindigkeiten, S. 26. §. 14. Geschwindigkeiten geschoßner Kugeln werden durch eine Maschine erforschet, S. 303. §. 100.
Gewichte, Avoir du poise, S. 159 und 160. Troygewichte, S. 156. § 60.
Gewölbe elliptische, der in ihnen erregte Schall, S. 281.
Gork, wo er in der Luft schwimmen kann, S. 109.
Gold, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 111.
Guericke, seine Versuche mit der Luft, wodurch die Elasticität gezeigt werden kann, S. 72-77.

H.

Hales, seine Lebensumstände, S. 97. Anmerk. s), seine Versuche mit der Zusammendrückung der Luft, S. 97-101. seine Mittel und Instrumente, die Menge der aus den Körpern gehenden Luft zu erforschen, S. 132 §. 51. seine Untersuchung, wie die Feuchtigkeiten der Lunge die Elasticität der Luft schwächen, S. 178-182.
Hausen, seine Gedanken von der Reaction, S. 5. will der Kraft der Trägheit in ihrer möglichen Gegenwirkung keine Grenzen setzen, S. 23. seine Gedanken über die Schwierigkeit in der Erklärung, wie ein ruhender Körper in Bewegung kommen könne, S. 49. §. 25.
Herons-Ball und Herons-Brunnen, S. 330. 331.
Hire, seine Beobachtung des Gewichts einer Luftsäule von 37 Toisen und 5 Schuhe über der Oberflä-

che der Erde, S. 105. seine Untersuchung, wie weit sich die Elasticität der Luft durch die Hitze des siedenden Wassers verstärken lasse, S. 124.
Hösens parabolische Brennspiegel, in deren Brennpuncte die Schalllinien gesammlet werden, S. 182.
Honig, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.

K.

Klang der Pfeiffen, wie er durch die Erschütterung der Luft in ihnen entstehet, S. 271. in wie viel Zitterungen ein Lufttheilchen durch den Klang einer Saite in einer Secunde gebracht werden kann, S. 265. §. 87.
Körper, ieglicher hat eine Kraft der Trägheit, §. 1. sucht in seinem Zustande zu bleiben, §. 1. kann durch die Kraft der Trägheit nach allen Linien wirken, S. 4. §. 2. wie er in einen andern wirkt, S. 19. §. 9. bewegter Körper leidet in einer flüßigen Materie bey einer größern Geschwindigkeit mehr Widerstand als bey einem kleinern, S. 26. §. 14. fallender Körper, wie einen Widerstand er in der Luft leidet, S. 31. ein ruhender Körper, wie er in Bewegung kommen könne, ist schwer zu erklären, und warum, S. 48. §. 24. Hausens Gedanken darüber, S. 49. §. 25. eine Erklärung, S. 51. §. 26. was dagegen zu erinnern sey, S. 52. §. 28. eine neue Erklärung, S. 53 §. 28. Einwendung dagegen wird beantwortet, S. 55. §. 29
Komete, die Dünste seines Schweifes sind fast so dünne, wie der aether, S. 221.
Kraft der Trägheit, §. 1. ist von der Schwere unterschieden, S. 7. §. 4. ist von der Kraft des Zusammenhanges unterschieden, S. 14 §. 6. 7. 8. ihre Gegenwirkung, wie groß sie sey, S. 19. §. 9. wenn die Kraft der Trägheit einerley bleibt, S. 21. §. 10. wenn ihre Gegenwirkung zunimmt, S. 22. §. 11. Kraft der Trägheit im Wasser, S. 16. 18. wie man den Widerstand, welchen eine flüßige Materie durch

ihre Kraft der Trägheit thut, zu schätzen habe, S. 24. §. 12. worauf man dabey zu sehen habe, S. 26. §. 13. die Verschiedenheit dieses Widerstandes in den verschiednen Geschwindigkeiten, S. 26. §. 14.

Kräfte conspirirende, ihre zusammengesetzte Bewegung, S. 278.

Kugel geschoßne werden in Wasser geplättet, reflectiret, zerspringen, S. 16. 17. 18. ihre Geschwindigkeiten lassen sich durch eine Maschine erforschen, S. 303. §. 100. wasserspritzende Kugel des Heron, S. 326.

Künste der Alten, in welchen die Elasticität der Luft ist gebraucht worden, S. 324. §. 103.

Kupfer, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.

L.

Luft, ihre Ausdehnung unter der Glocke auf der Luftpumpe, S. 191. §. 67. Ausdehnung durch die Wärme im lauen Wasser, S. 198. §. 70. Ausdehnung auf verschiednen Bergen, S. 200. §. 71. Ausdehnung, wie groß sie sey nach verschiednen Versuchen, S. 196. §. 69. die Grenzen ihrer Ausdehnung durch die Elasticität, S. 214. §. 75.

Luft, ihr Ausgang aus den Körpern, die Mittel dazu, S. 131. §. 50. die Mittel des Hales, S. 132. §. 31. durch die Chemie, S. 134 und 135. durch Gährung, S. 135. durch Entzündung und Verbrennen, S. 137.

Luft auspumpen, was das sey, S. 191. §. 67.

Luft, ihre Bewegung durch die Elasticität ist wie die Bewegung durch ihre Schwere, S. 294. § 95. wie das Gewichte, das auf der Luft liegt, in Absicht auf ihre Bewegung zu betrachten sey, S. 296 §. 97.

Luftblasen, wie weit sie sich ausdehnen, S. 193. und d. f.

Luft, ihre Dichtigkeit im Schießpulver, S. 158. wie sich dieselbe auf der Fläche der Erde zur Dichtigkeit in der Höhe von 860 Meilen verhalte, S. 218.

Luft erzeugte durch Destilliren, S. 138 - 142. ist wahrhaftige Luft, S. 142 und 143. durch Gähren, S. 142 - 147. ist wahrhaftige Luft, S. 148. durch Anzünden und Verbrennen, S. 248 - 150. der aus dem Schießpulver erzeugten Luft Elasticität, S. 156. §. 60. nach den Untersuchungen des Hales, S. 150 ; 152. und Boerhavens, S. 152 - 156. erzeugte Luft aus verschiednen Materien, S. 153 und d. f.

Luft natürliche, S. 129. ihre Wärme, S. 129. ihre Veränderung durch gewisse Dünste, S. 183. §. 65.

Luft ihre Elasticität, ist den Alten bekannt gewesen, S. 316. §. 102. hat aber keine besondre Benennung gehabt, S. 316. §. 102. wird genennet εντονια, S. 328. Spiritus, S. 329. Versuche, wodurch sie den Alten bekannt worden ist.

Luft, ihre Elasticität in der Erde, wie stark sie durch den Druck der obern werden möge, S. 104. §. 43. was bey Betrachtung ihres Anwachses zu bedenken sey, S. 114. §. 44.

Luft, ihre Elasticität, wie stark sie durch die Hitze des siedenden Wassers nach des Amontons Versuchen verstärket werde, S. 128. §. 47. was de la Hire dagegen erinnert, S. 122. § 48.

Luft, ihre Elasticität durch die Zusammendrückung, S. 78. §. 38 - 40. Boylens und Mariottens Versuche, S. 81. §. 41. Wiederholung derselben, S. 88 und d. f.

Luft, das Maaß ihrer Elasticität, worauf man bey demselben zu sehen habe, S. 59. §. 30. womit sich die Elasticität der Luft vergleichen lasse, S. 60. §. 31. das Maaß selber, S. 61. §. 32. Zweifel dagegen wird gehoben, S. 62. §. 33. das Maaß der Elasticität der Luft wird durch Gewichte bestimmt, S. 63. §. 34. ihre Stärke auf verschiednen Flächen, S. 66. §. 35. auf Cirkelflächen, S. 69. §. 36. die Stärke der Elasticität in Guerickens Versuche, S. 72. §. 37.

Luft, die in den Körpern verschlossen ist, ihre Elasticität, ehe sie aus den Körpern hervor kömmt, S. 170. §. 61. im Schießpulver, S. 156 - 169. die Stärke der Elasticität im ersten Augenblicke der Entzündung des Pulvers, S. 168 und 169.
Luft, Verstärkung ihrer Elasticität durch die Hitze des siedenden Wassers, S. 118. §. 47. durch die Hitze des glüenden Eisens, S. 127. §. 49.
Luft, Verminderung ihrer Elasticität durch das Feuer, S. 116. §. 45. ob sie vermindert werde, wenn ihr Raum abnimmt, S. 187. §. 66. Verminderung durch die Feuchtigkeiten der Lunge, S. 178. §. 64. durch Vermischung mit gewissen Materien, S. 177. §. 63.
Luft, die Wirkungen ihrer Elasticität in Annehmung und Fortpflanzung des Schalles, S. 226. §. 78. im Echo, S. 283. §. 93. wenn und wie sie den Schall reflectire, S. 275. §. 90.
Luft, wie sie bey ihrer Elasticität in den Körpern verschlossen seyn könne, S. 171 - 175. ob sie in diesem Zustande elastisch sey, S. 172 - 175.
Luft, wie geschwinde sie durch ihre Elasticität in einen luftleeren Raum eindringe, und wie einen großen Raum sie in einer Secunde durchlauffen könne, S. 297. §. 98. wie dieses aus den Gewichten der obern und drückenden Luft zu erkennen sey, S. 295 und 296. §. 96 und 97.
Luftpumpe Smeaotons, beschrieben vom Herrn Prof. Kästner in seiner Aerometrie, §. 50. S. 120 - 124.
Luftsäule in einer Pfeiffe ist einer Saite gleich, S. 271. das Gewichte einer Luftsäule 37 Toisen u. 3 Schuhe hoch über der Erdfläche, S. 105.
Luftstreiche, wie viel ihrer in ieglicher Octave in einer Secunde entstehen, S. 265. §. 87. ihre Weiten und Zwischenräume, S. 268 und 269.
Lufttheilchen kann verschiedne Zitterungen zugleich annehmen und ohne Verwirrung fortpflanzen, S. 230. §. 80. das Gewichte, womit die untere

Luft von der obern gedrückt wird, S. 295. §. 96.
Luft, ihre Verdichtung in verschiednen Tiefen in der Erde nach Amontons Rechnung, S. 104. 111. §. 43. Erläuterung dieser Rechnung, S. 111-114.
Luft, ihre Verdünnung, wie sie zu messen sey, S. 192.
Luft, zusammengedrückte, wie lange ihre Elasticität gedauret, S. 175. §. 62.
Luft, ihr Widerstand ist nicht nach der bloßen Trägheit zu schätzen, S. 299. §. 99. man hat dabey auf ihre Elasticität zu sehen, S. 300. Untersuchung des Widerstandes der Luft durch Versuche von Herrn Schober, S. 43. §. 21. und Herrn Robins, S. 303. §. 100. Newtons Theorie davon, in wiefern sie mit der Erfahrung übereinstimmt, in wiefern sie abweicht, S. 309. Widerstand der Luft gegen geschoßne Kugeln Herrn Eulers Anmerkungen darüber, S. 310. Widerstand der Luft gegen fallende Körper, S. 311. Widerstand der Luft gegen ungleich große, aber gleich schnell laufende Kugeln, S. 313. Widerstand der Luft kann nicht nach den Quadraten der Geschwindigkeiten eines durch sie bewegten Körpers geschätzt werden, S. 300.
Luft, ihre Zitterungen im starken und schwachen Schalle, S. 256. §. 83. wie sich dieselben im hohen und tiefen Tone schätzen lassen, S. 263. §. 86. in wie viel Zitterungen ein Lufttheilchen durch den Klang einer Saite in einer Secunde gebracht werden könne, S. 265. §. 87.

M.

Mairans Abhandlung vor der Fortpflanzung des Klanges, S. 260.
Mariottens Untersuchung und Regel, wie die Zusammendrückung der Luft und mit derselben ihre Elasticität wachse, S. 81. §. 41. seine Rechnung, wodurch er die Höhe über der Erdfläche bestimmt,

wo die Luft so dünne sey, als unter einer ausgepumpten Glocke, S 205. §. 72.
Maschine, wodurch Robins die Geschwindigkeiten geschoßner Kugeln untersuchet und bestimmet hat, S. 303. § 100. Maschinen, in welchen die Alten die Elasticität der Luft gebraucht haben, S. 324. §. 103.
Materien, flüßiger und unelastischer Widerstand gegen bewegte Körper, S. 15. §. 8.
Memnons Statue, S. 334. §, 106. erklärt von Kirchern, S. 336. erklärt von Franciscus Tertius de Lanis, S.
Musschenbroecks Versuch und Beobachtung, wie lange eine zusammengedrückte Luft ihre Elasticität behalten habe, S. 176 und 177.

N.

Newton zeigt merkwürdige Verdünnungen, welche die Luft in verschiednen Höhen durch ihre Elasticität erlangt, S. 216 - 218. seine Theorie von dem Widerstande der Luft, in wie fern sie mit der Erfahrung übereinstimme, S. 309.

O.

Octave, wie viel Zitterungen der Luft in ieglicher Octave entstehen, S. 265. §. 87. die Weiten dieser Zitterungen oder ihre Zwischenräume, S. 268 und 269.
Oel, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.
Ohr des Dionysius in Syracus, S. 332. §. 105.
Oscillation, das Centrum Oscillationis, S. 33. Anmerk. g), die Geschwindigkeiten der Oscillationen lassen sich aus der Länge der Bogen des Penduls beurtheilen, S. 29. §. 16. Oscillationen einer Saite, wie viel ihrer in einer Secunde geschehen, und wie man sie berechnet, S. 272 und 274.

P.

Papier, wie man mit einem in Falten gelegten Bogen Papier einen starken Schall erregen kann, S. 225.

Parabolische Flächen, wie die Schalllinien von ihnen reflectiret und in den Brennpunct gebracht werden, S. 282.

Peitsche, wie dadurch in der Luft ein Schall erregt wird, S. 225.

Pendul, das einfache und zusammengesetzte, S. 33, Anmerk. g), wie sich ein Unterscheid zwischen zween Bogen, die ein Pendul beschreibt, zum Unterscheide zwischen zween andern Bogen eines Penduls verhalte, S. 32. §. 18. Bestätigung von Newton durch Versuche, S. 33. die Verweilung eines Penduls ist aus dem Unterscheide seiner Bogen zu erkennen, S. 31. §. 17. wenn der Widerstand flüßiger Materie gegen bewegte Körper und die Verweilung derselben durch die Oscillationen eines Penduls beurtheilet werden kann, S. 29 : 47. wie Robins durch die Oscillationen des Penduls die Geschwindigkeiten geschoßner Kugeln untersuchet hat, S. 303. §. 100.

Pfeiffenton, wie viele Zitterungen der Luft ein Pfeiffenton in einer Secunde hervor bringe, S. 269. §. 89. wie ein Pfeiffenton durch die Erschütterung der Luft in der Pfeiffe entstehe, S. 271.

Pfund, das Verhältniß des Amsterdammer zum Englischen, S. 102.

Πνεῦμα heißt beym Heron die bewegte Luft, S. 327.

Πνευματικὰ heißen beym Heron die Wirkungen, welche die Luft durch ihre Bewegung hervorbringt, S. 326 und 327.

Pulsus, was Newton so nennet, S. 227.

Pulver, wie viel es Luft in sich halte, und wie stark derselben Elasticität sey, S. 156. §. 60.

Q.

Quecksilber, der Unterscheid seines Gewichts im Sommer und Winter, S. 64. Anmerk. k), wo es in der Luft schwimmen kann, S. 111.

Quecksilbersäule, ihre Höhe im Keller des Observatorii in Paris, S. 105.

R.

Reaction, S. 5. Hausens Gedanken darüber, S. 5. und 6.
Reflexion geschoßner Kugeln im Wasser, S. 16. und d. f. Reflexion des Schalles, S. 275. §. 90. die gerade und schiefe Reflexion des Schalles, S. 276. §. 91. durch die Reflexion werden zerstreute Schalllinien wieder zusammen gebracht, S. 279. §. 92.
Robberval hat untersucht, wie lange die zusammengedrückte Luft ihre Elasticität behalte, S. 176.
Robins, sein Versuch, wie weit sich die Elasticität der Luft durch die Hitze des glüenden Eisens verstärken lasse, S. 127. §. 49. seine Untersuchung des Widerstandes der Luft durch eine Maschine, S. 305. §. 100. seine Untersuchung der Elasticität der Luft im Schießpulver, S. 156. §. 60.
Ruhe der Körper, ob sie durch die Kraft der Trägheit fortdaure, S. 4. §. 3. Hausens Gedanken darüber, S. 5 und 6.

S.

Saite, in wie viele Zitterungen ein Lufttheilchen durch ihren Klang in einer Secunde gebracht werden könne, S. 265. §. 87. welche Saite in einer Secunde 392 mal oscillire, S. 273.
Schall, was so heiße, S. 222. §. 76. seine Erzeugung, S. 222. §. 76. wie er von der Luft angenommen und fortgepflanzt wird, S. 226. §. 78. seine Fortpflanzung durch gerade und divergente Linien, S. 229 und 230. des Schalles verschiedne Geschwindigkeiten in verschiednen Oertern, S. 236 und 237. neue Untersuchung der Geschwindigkeit des Schalles in Frankreich, S. 238 - 244. des Schalles Geschwindigkeit in stiller Luft, S. 235. wenn der Wind seinen Weg schief durchschneidet, S. 242. die Beschleunigung und Verweilung des Schalles durch den Wind, S. 243. des Schalls Geschwindigkeit in warmer und kalter Luft, S. 245 u. 246. des Schalles Geschwindigkeit in den übrigen

gen Umständen der Luft, S. 247-251. Geschwindigkeit des schwachen und starken Schalles, S. 251. die gleichförmige Bewegung des Schalles, S. 252.

Schall reflectirter in einem elliptischen Gewölbe, S. 281. in einem parabolischen Brennspiegel, S. 282. der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich, S. 277.

Schalllinien, S. 230. wie ihre Dichtigkeit gegen das Ohr zu abnimmt, S. 254. § 82. wie zerstreute wieder zusammen gebracht werden, S. 279. §. 92. ihre Sammlung in einem elliptischen Gewölbe und in einem parabolischen Brennspiegel, S. 281 und 282.

Schießpulver, die in ihm enthaltne Luft und deren Elasticität, S. 156. §. 60.

Schlag, was Newton so nennt, S. 227.

Schober, seine Versuche, wodurch er den Widerstand der Luft untersuchet hat, S. 43. §. 21.

Schuh, wie sich der rheinländische gegen den englischen, S. 101. und der londnische zum pariser verhalte, S. 237. in der Anmerk. e).

Schwere, ist von der Kraft der Trägheit unterschieden, S. 7-13. §. 4 und 5.

Schwimmen, wo Körper von verschiedner Art der Schwere in der Luft schwimmen können, S. 109-111.

Schwung, sein Mittelpunct, S. 33. Anmerk. g).

Segners Rechnung, in welcher Höhe die Luft so dünne sey, als unter einer ausgepumpten Glocke, S. 209.

Silber, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.

Spiritus, dadurch zeigt Seneca die Elasticität der Luft an, S. 318 und 319.

Spiritalia, dadurch versteht Heron die Wirkungen der Luft durch ihre Elasticität und Bewegung, S. 326.

Statue des Memnons, S. 334. §. 106.

Streich, was in der Physic so heißt, S. 227.

T.

Thüren, wie sie sich durch die elastische Kraft der Luft in den aegyptischen Tempeln beym Opfer von selbst aufgethan haben, S. 339.

Ton, S. 260. §. 85. hoher und tiefer, S. 260. §. 85. ob in der Fortpflanzung des hohen und tiefen Tons durch die Luft in der Geschwindigkeit ein Unterscheid sey, S. 260. §. 85. wie sich die Zitterungen der Theile eines schallenden Körpers und der Luft im hohen und tiefen Töne schätzen lassen, S. 263. §. 86. die Weiten zwischen den Zitterungen, wodurch ein Ton in der Luft fortgepflanzt wird, S. 267. §. 88.

Töne, ein Musicverständiger hat in der Unterscheidung derselben eine besondere Geschicklichkeit und Feinheit im Hören. Ein Exempel ist der berühmte Bach, S. 231 ob die Töne in den Instrumenten, welche geblasen werden, durch die Zitterungen der Theile der Instrumente entstehen, S. 269 und 270. ein geschickter Violiniste kann in einer Secunde 9 Töne herbörbringen und von einander unterscheiden, S. 285.

Trägheit, §. 1. ist von der Schwere unterschieden, S. 7. § 7. S. 8. § 5. desgleichen von der Kraft des Zusammenhanges, S. 14. §. 6. 7. 8.

V.

Verdichtung der Luft, ihre Grade in den verschiednen Tiefen der Erde, S. 101-114.

Verdünnung der Luft, wie sie mit Smeaotons Birnprobe gemessen werden kann, S. 192. Verdünnung der Luft auf verschiednen Bergen, S. 200. §. 71. in welcher Höhe die Verdünnung der Luft so groß sey, als unter einer ausgepumpten Glocke, S. 201.

Verschlingen, was Hales meynt, wenn er sagt, die Luft werde von Dünsten und Feuchtigkeiten verschlungen, S. 188-190.

Verweilung der Bewegung, S. 29. §. 15. ihre Verschiedenheit nach der Verschiedenheit des Widerstandes einer flüßigen Materie, S. 29. §. 15. wie die Verweilung durch die Oscillationen eines Penduls zu erkennen sey, S. 29. §. 16. 17. 18. die Theorie von der Verweilung wird durch Versuche bestätiget, S. 33. §. 19. die Verweilung eines Penduls läßt sich aus dem Unterscheide seiner Bogen erkennen, S. 31. §. 17.

Vibrationen einer Saite, wie man erkennen kann, wie viel ihrer eine Saite in einer Secunde thue, S. 273. wenn eine Saite in einer Secunde ihrer 392 thut, S. 273.

Violiniste, ein geübter kann in einer Secunde 9 Töne nach einander hervorbringen und unterscheiden, S. 285. in welcher Weite er ein Echo vernehmen kann, S. 285.

W.

Wachs, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.

Wallisius hat untersucht, wie weit sich eine Luftblase ausdehne, S. 193.

Wasser, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109. seine Ausdehnung in einer Seifenblase, S. 219. wo es den Rudern zum Ruhepuncte dienet, S. 16. reflectiret die geschoßnen Kugeln, S. 16=18. sein Widerstand durch die Kraft der Trägheit. S. 16 und d. f.

Wasser, siedendes, wie weit seine Hitze die Elasticität der Luft verstärke, S. 118. §. 47 und 48.

Wein, wo er in der Luft schwimmen kann, S. 109.

Widerhall, S. 283. §. 93. wenn und wo er vernommen werden kann, S. 283. §. 93.

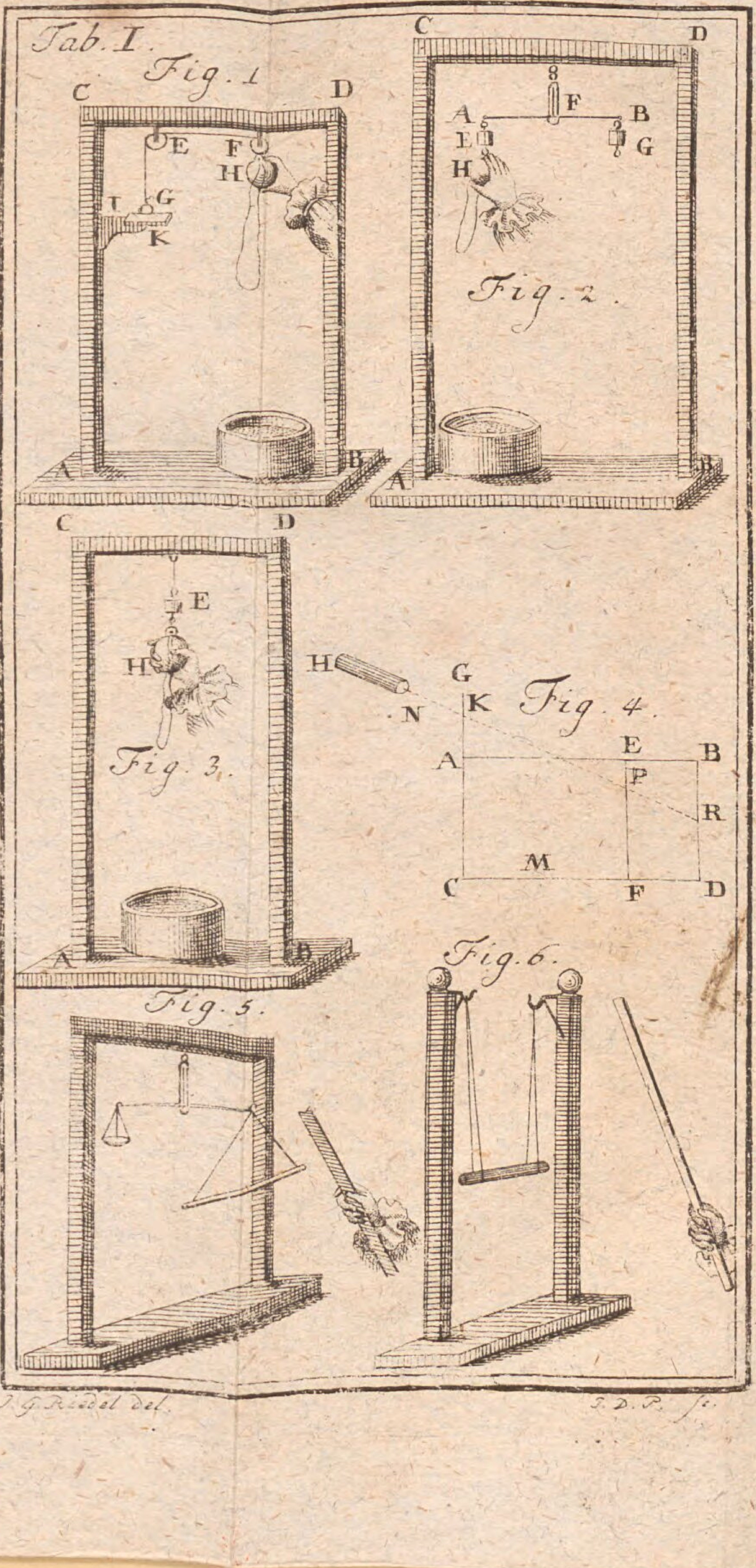
Widerschall, S. 283. §. 93. wenn er vernommen werden kann, S. 283. §. 93.

Widerstand, was er sey, §. 1. Widerstand aus der Kraft der Trägheit und der Kraft des Zusammenhanges, S. 14. §. 7. der Unterscheid dieses doppelten

ten Widerstandes in flüßigen und unelastischen Materien, S. 15. §. 8.
Widerstand aus der Kraft der Trägheit, seine Größe in flüßigen Materien, wie er zu schätzen sey, S. 24. §. 11 und d. f.
Widerstand der Luft, Schobers Versuche über das Verhältniß des verschiednen Widerstandes, S. 43. §. 21. ist nicht nach der bloßen Trägheit zu schätzen, S. 299. §. 99. Widerstand der Luft durch die Elasticität, S. 300.
Windkugeln sind den Alten bekannt gewesen, S. 324. §. 103.
Wirken, ein Körper wirkt in den andern, was das sey, S. 19. §. 9.

Z.

Zinn, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.
Zittern, was es sey, S. 222. §. 76.
Zitterungen der Luft im schwachen und starken Schalle, S. 256. §. 83. ihr Verhältniß, S. 258. §. 84. im hohen und tiefen Tone, S. 263. §. 86. in wie viele Zitterungen ein Lufttheilchen durch den Klang einer Saite in einer Secunde gebracht werden könne, S. 265. §. 87. die Weiten zwischen den Zitterungen, wodurch ein Ton in der Luft fortgepflanzt wird, S. 267. §. 88.
Zusammengesetzte Bewegung von conspirirenden Kräften, S. 278. Anmerk. r).
Zusammenhang, die Kraft desselben ist von der Kraft der Trägheit unterschieden, S. 7. §. 4. S. 14. §. 6. 7. Zusammenhang der Theile eines eisernen Draths, S. 101.

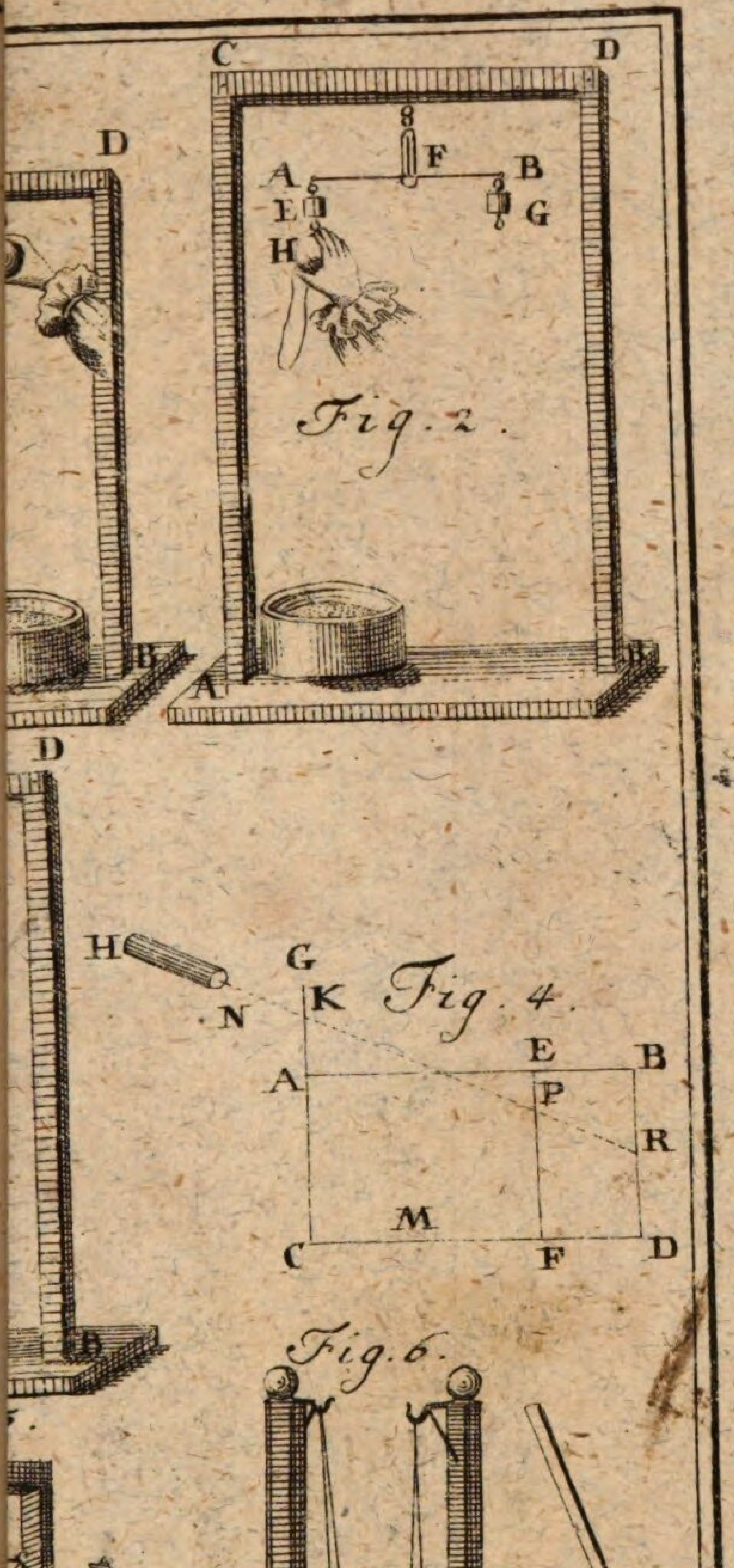


J. G. Riedel del. J. D. P. sc.

ten Widerstandes in flüßigen und unelastischen Materien, S. 15. §. 8.
Widerstand aus der Kraft der Trägheit, seine Größe in flüßigen Materien, wie er zu schätzen sey, S. 24. §. 11 und d. f.
Widerstand der Luft, Schobers Versuche über das Verhältniß des verschiednen Widerstandes, S. 43. §. 21. ist nicht nach der bloßen Trägheit zu schätzen, S. 299. §. 99. Widerstand der Luft durch die Elasticität, S. 300.
Windkugeln sind den Alten bekannt gewesen, S. 324. §. 103.
Wirken, ein Körper wirkt in den andern, was das sey, S. 19. §. 9.

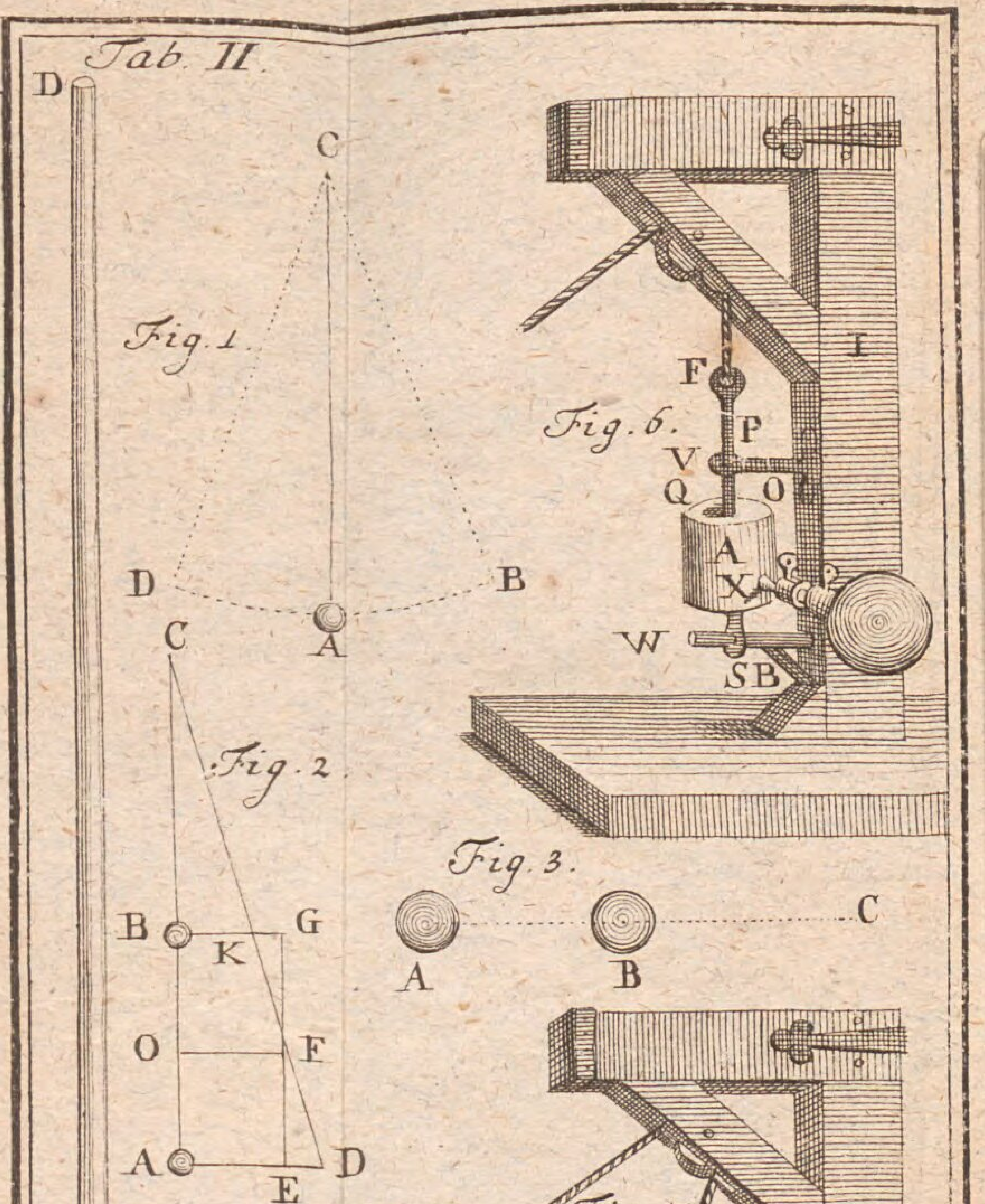
Z.

Zinn, wo es in der Luft schwimmen kann, S. 109.
Zittern, was es sey, S. 222. §. 76.
Zitterungen der Luft im schwachen und starken Schalle, S. 256. §. 83. ihr Verhältniß, S. 258. §. 84. im hohen und tiefen Tone, S. 263. §. 86. in wie viele Zitterungen ein Lufttheilchen durch den Klang einer Saite in einer Secunde gebracht werden könne, S. 265. §. 87. die Weiten zwischen den Zitterungen, wodurch ein Ton in der Luft fortgepflanzt wird, S. 267. §. 88.
Zusammengesetzte Bewegung von conspirirenden Kräften, S. 278. Anmerk. r).
Zusammenhang, die Kraft desselben ist von der Kraft der Trägheit unterschieden, S. 7. §. 4. S. 14. §. 6. 7. Zusammenhang der Theile eines eisernen Draths, S. 101.

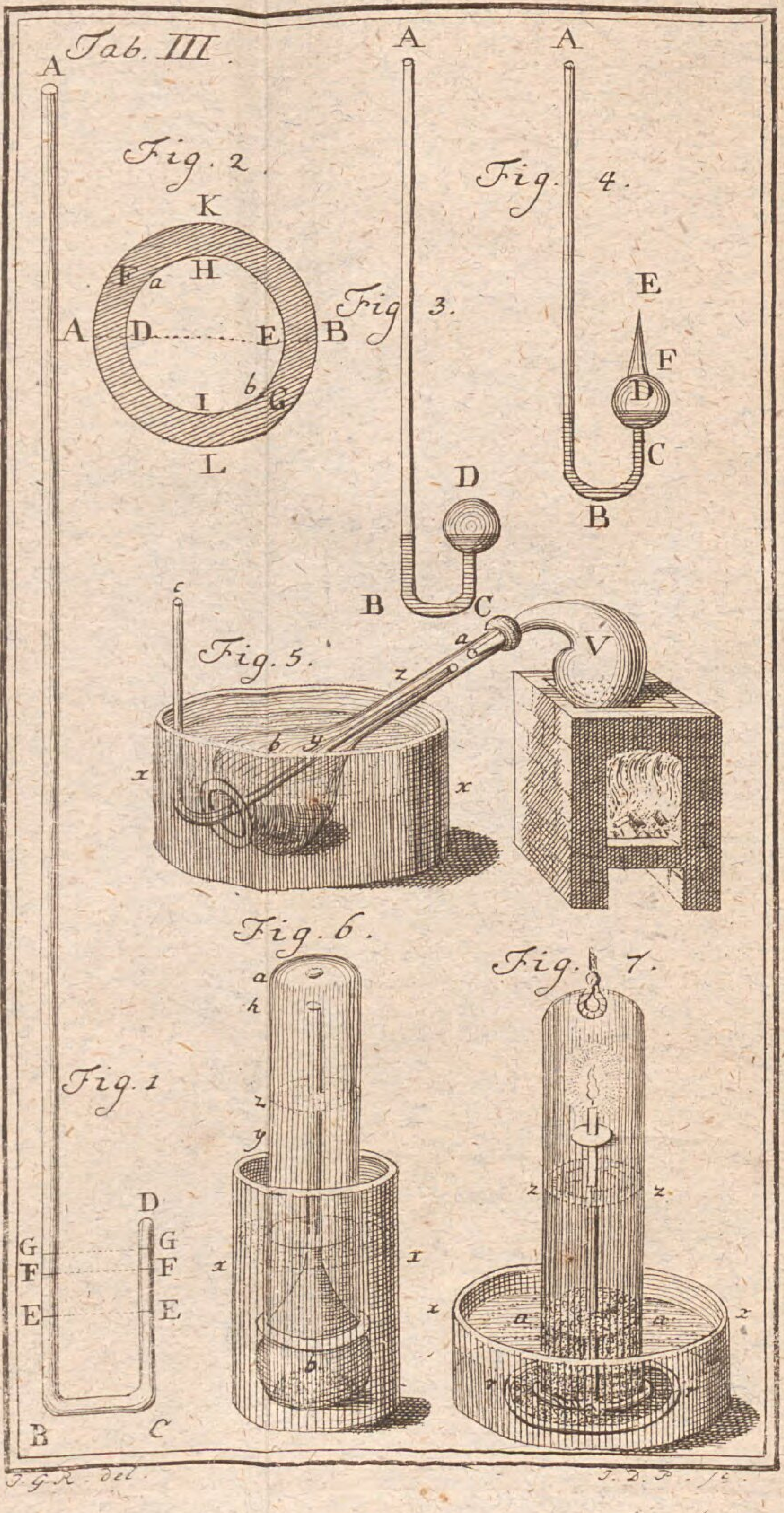


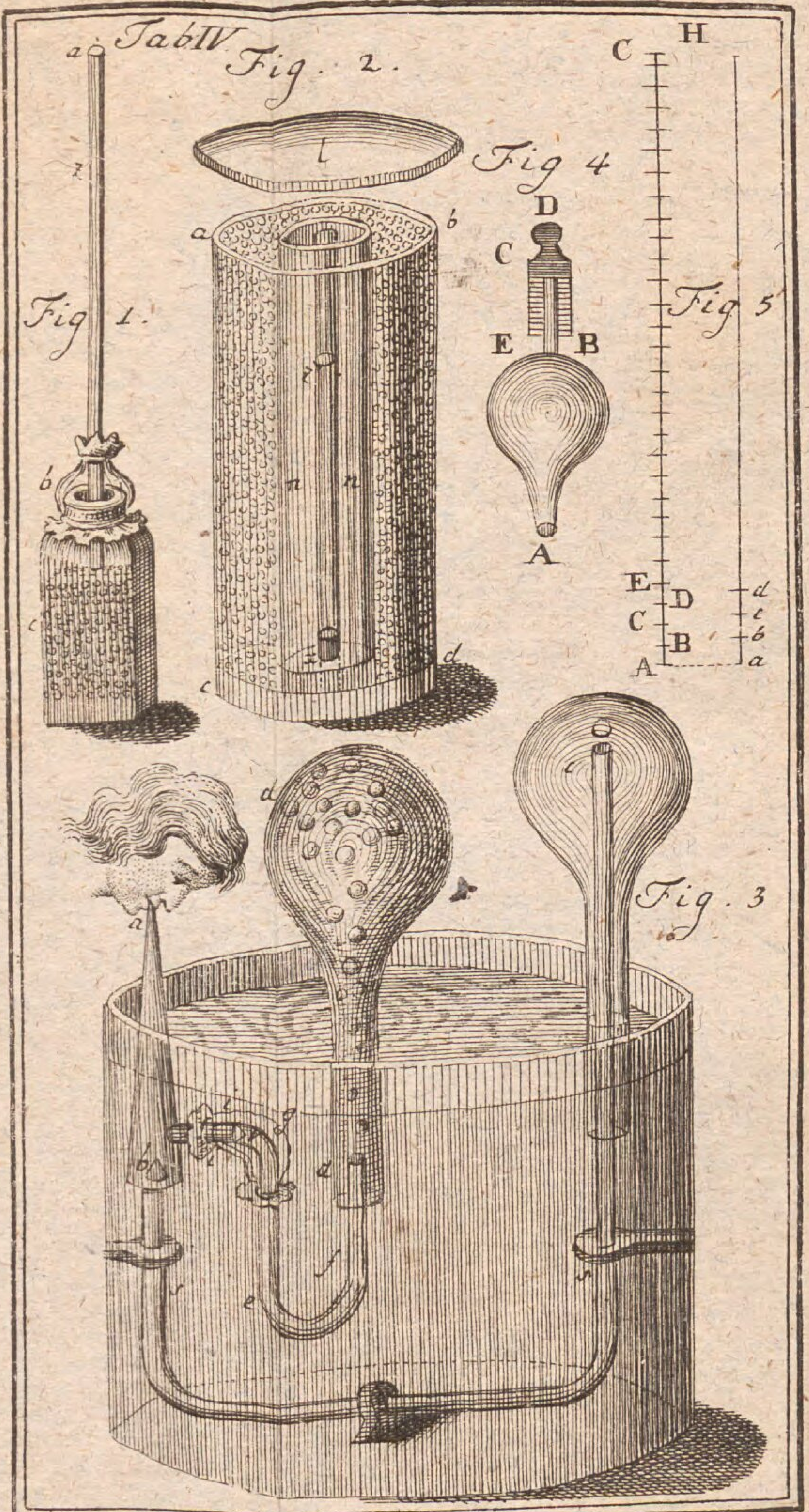
J. D. P. sc.

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

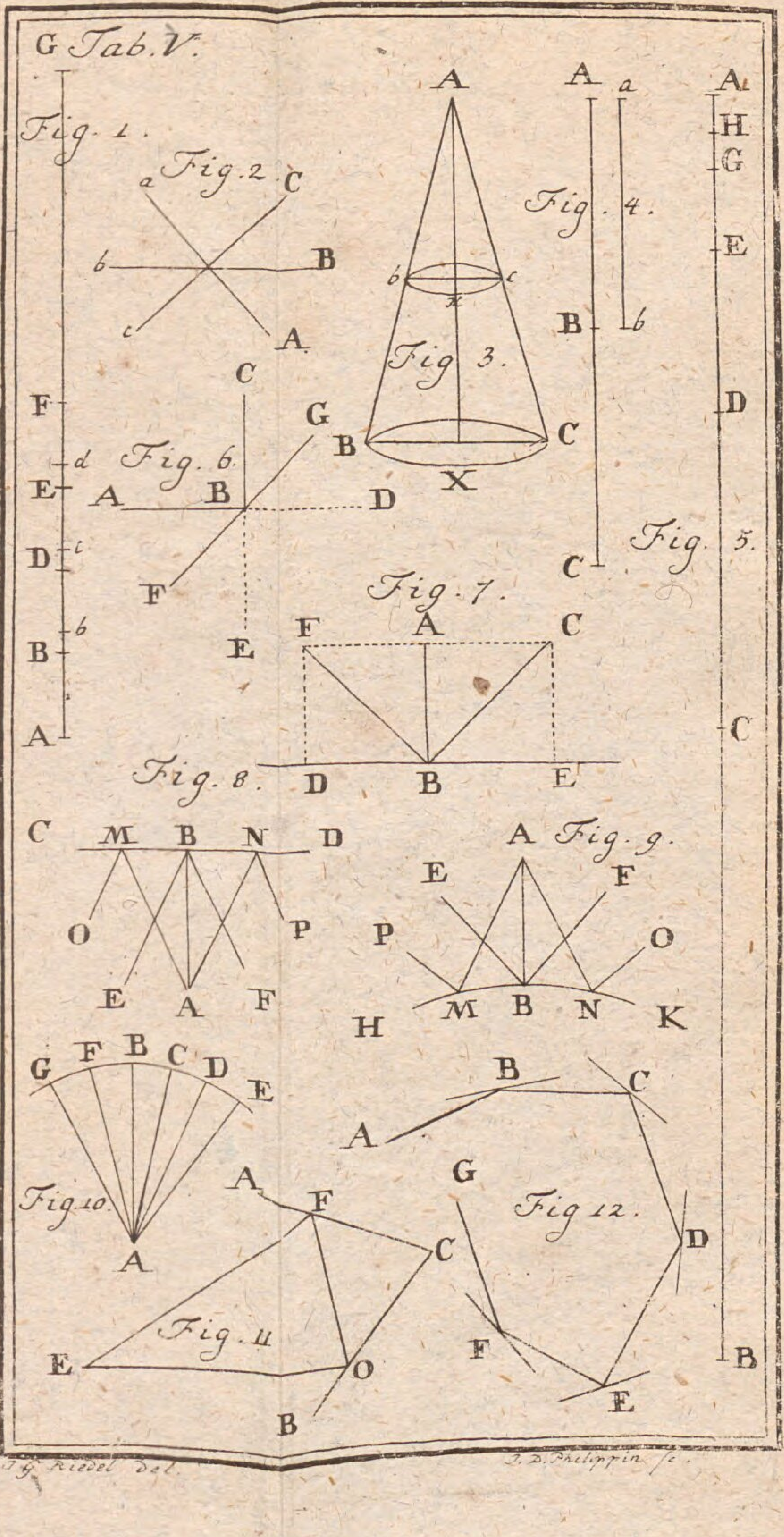


J. G. Riedel del. J. D. Philippin geb. Sy. sc.

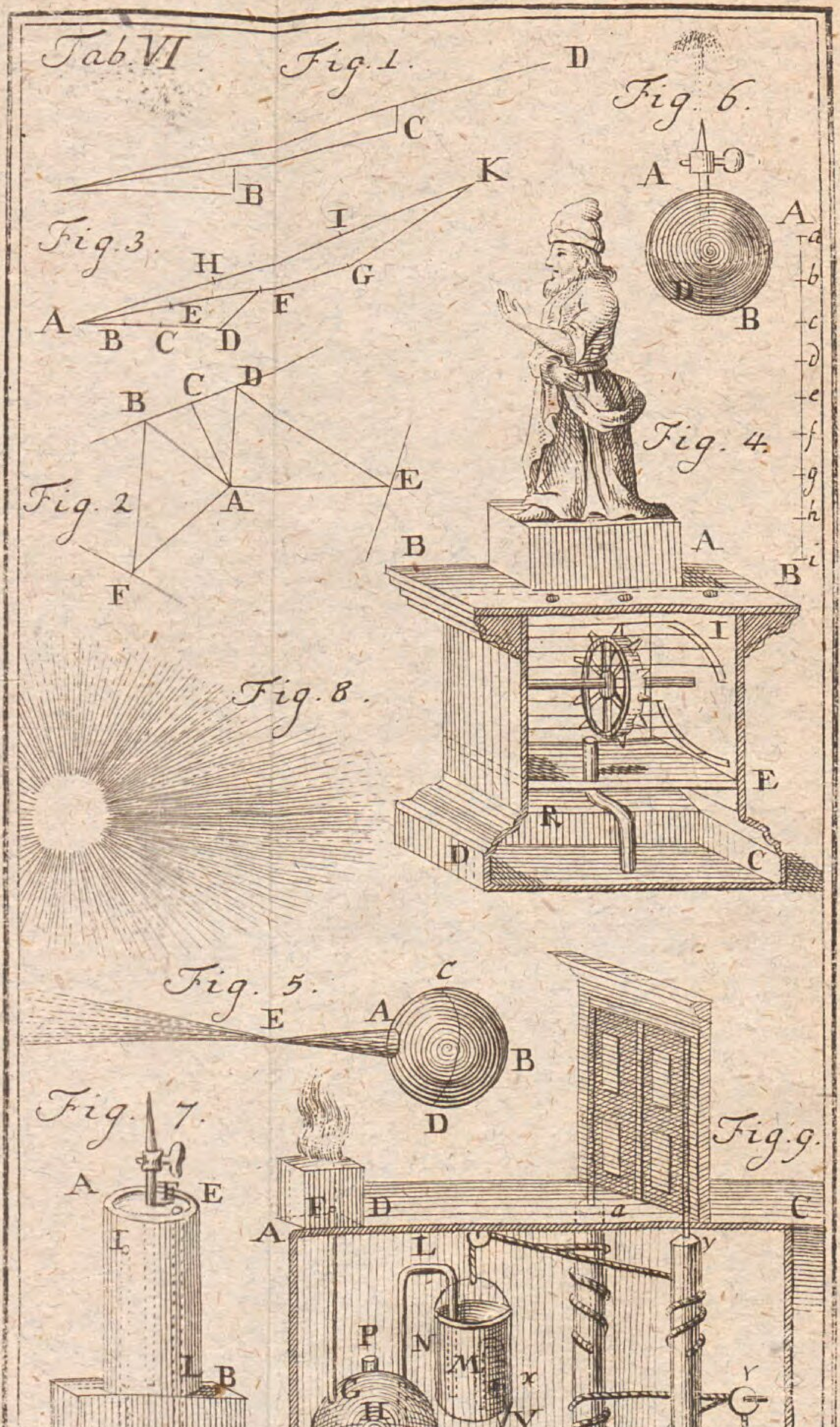

Tab. III.
Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
J. G. R. del.
J. D. P. sc.



J. G. Riedel del. J. D. Philippin sc.



J. G. Riedel del. J. D. Philippin sc.



J. G. Riedel del. 　　　 J. D. P. sc.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Winkler, Johann Heinrich,

Untersuchungen der Natur und Kunst

Kopenhagen ; Leipzig 1765

Phys.g. 522
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132167-3
VD18 10215581